E. DUCRETET

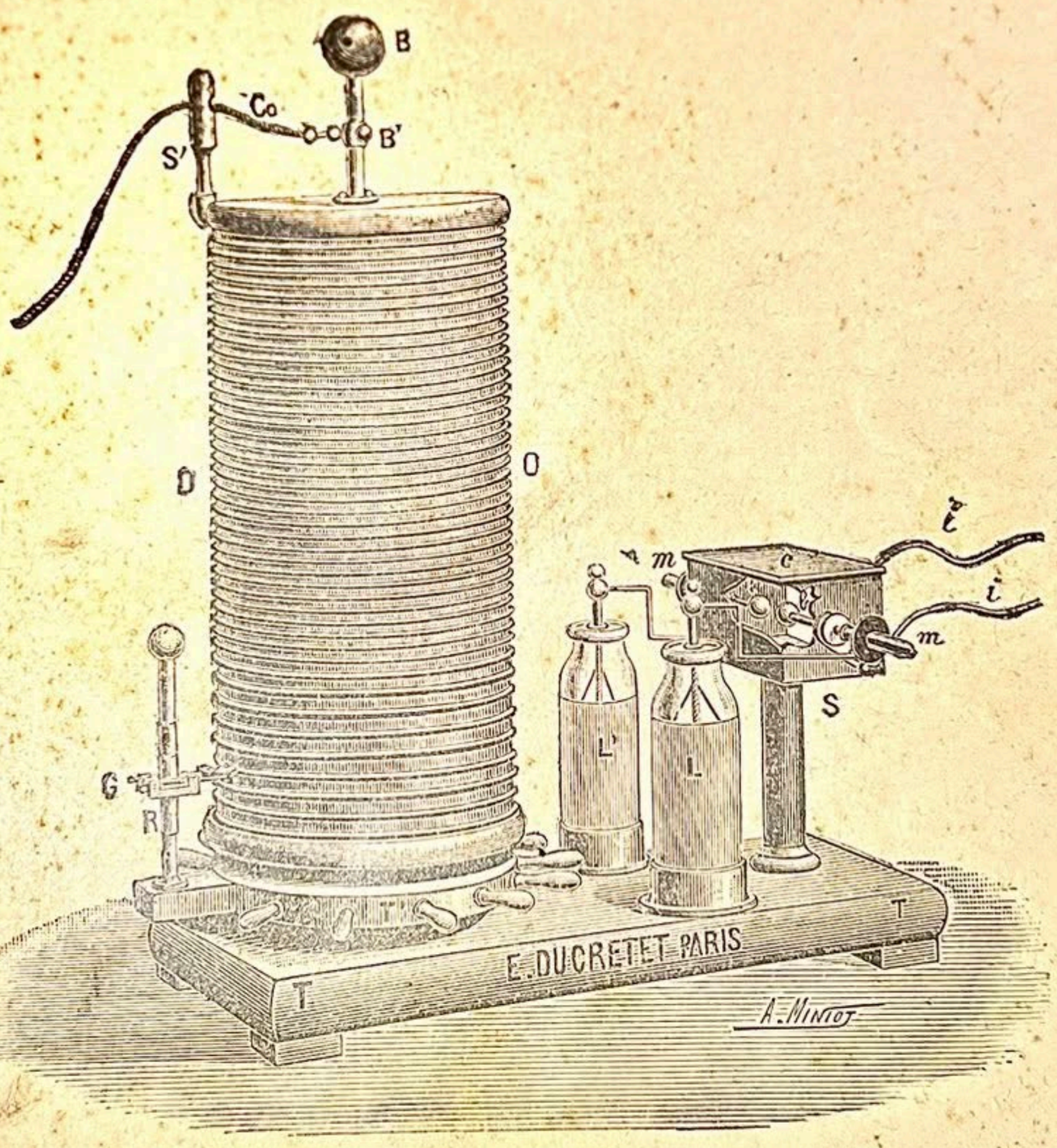
NOTICE GÉNÉRALE

SUR LES

COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE

ET DE

HAUTE TENSION



RÉSONATEUR DE M. LE Dr OUDIN. (*fig. 16*).

E. DUCRETET

CONSTRUCTEUR

75, rue Claude-Bernard, à PARIS

(*OCTOBRE 1898*).

OCTOBRE 1898.

COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE

ET DE

HAUTE TENSION

(Note supplémentaire : **" La lumière froide "**, *expériences de* **Tesla** *et de* **Moore**)

Appareils de MM. E. Thomson, Tesla, d'Arsonval et Oudin

pour les applications thérapeutiques et les expériences classiques

CONSTRUITS PAR

E. DUCRETET

75, rue Claude-Bernard, à PARIS

(*Voir le tarif d'Octobre 1898 annexé à cette notice illustrée*).

Deux procédés sont employés pour obtenir des courants alternatifs à **haute fréquence** ; le premier consiste à faire usage d'un **alternateur**, à grand nombre de pôles, tournant à grande vitesse. La fréquence étant égale au demi-produit du nombre de pôles par le nombre de tours à la seconde, par ce procédé **M. Tesla** arrivait à

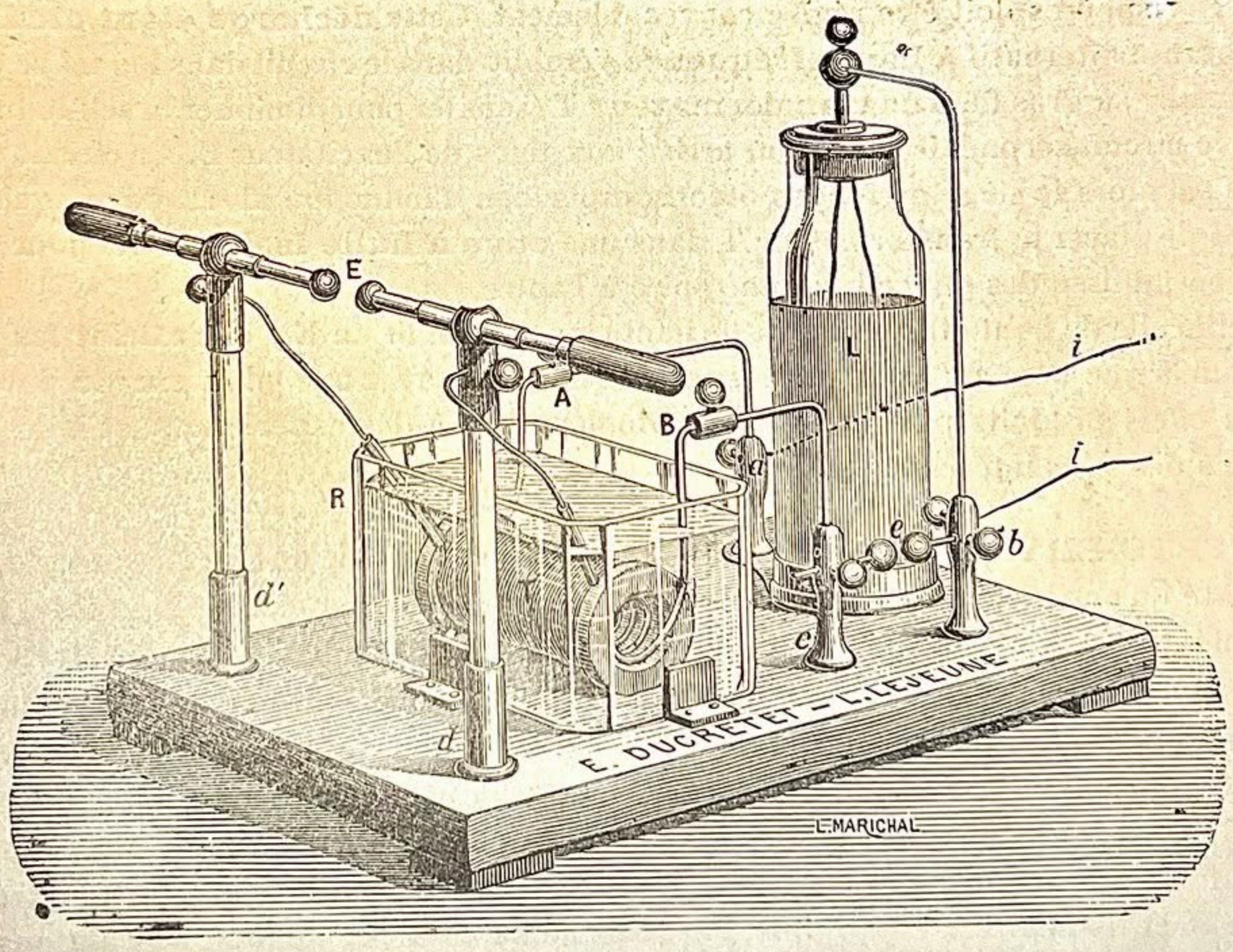


Fig. 1

environ 10.000 périodes par seconde, son alternateur ayant 384 pôles et tournant à 3.000 tours par minute.

Le second procédé, généralement employé, consiste à utiliser la décharge d'un

condensateur d'une certaine capacité ; dans ces conditions le courant de décharge est **oscillatoire** et à alternances très rapides. La **période** est d'autant plus courte que la capacité du condensateur et la self-induction du circuit sont plus faibles.

Les caractères de cette étincelle de décharge peuvent être observés dans un **miroir tournant.**

La figure 1 montre le **dispositif** de **Tesla** permettant d'obtenir des courants à haute fréquence et des **tensions extrêmement élevées** ; cette figure est celle de notre petit appareil classique.

Le courant induit (fil fin) d'une **bobine de Ruhmkorff,** (fig. 3,) arrive en ii (fig 1), il charge le condensateur L ; lorsque la différence de potentiel entre les armatures de ce condensateur est suffisante, une étincelle jaillit en e, la distance explosive entre

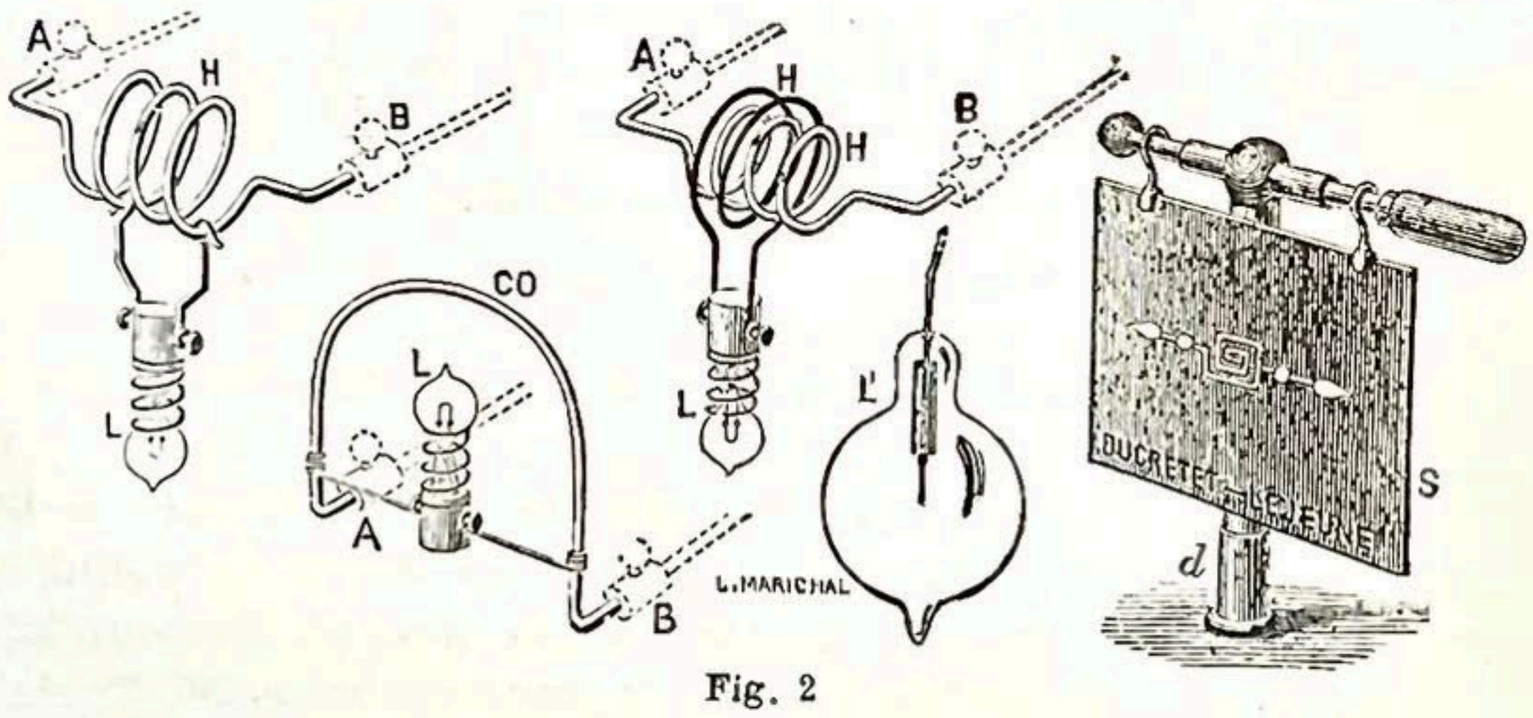


Fig. 2

les deux sphères doit être réglée convenablement. Cette **décharge étant oscillante,** un courant alternatif à **haute fréquence** s'établit dans le circuit dans lequel se trouve le primaire, à gros fil, d'un **transformateur** T (sans fer pour diminuer la self-induction) dont le circuit secondaire, à fil fin, arrive aux tiges de l'excitateur E. Ce circuit secondaire est alors le siège de **forces électromotrices** d'induction **si élevées,** qu'on est obligé de placer le transformateur T dans une **cuve à huile isolante** R, pour éviter qu'il ne jaillisse des étincelles d'une spire à l'autre.

L'étincelle de haute fréquence et de haute tension jaillit en E ; elle atteint les hauts potentiels que donnent les **machines statiques** mais avec une plus grande intensité.

Les effets produits par ces courants donnent lieu à des expériences et à des applications des plus intéressantes.

EFFETS PHYSIOLOGIQUES. — En 1881, **Ward,** aide de **Spottiswoode,** avait constaté qu'une bobine de Ruhmkorff actionnée par un interrupteur très rapide, rotatif, produisant 6.000 interruptions par seconde, donnait des étincelles inoffensives en un point quelconque du corps ; de plus, il observa que" **l'effet statique**" de l'étincelle et des conducteurs était beaucoup plus élevé. (*Traité de Gordon, Tome 2, 1881, page 107.*)

Cette innocuité est complète avec des décharges de condensateurs, même puissantes, quand elles sont oscillatoires. **M. E. Thomson** et **M. d'Arsonval** ont réalisé à ce sujet de nombreuses expériences dans lesquelles M. le Dr d'Arsonval a montré que, si l'élément douleur était supprimé, l'organisme subissait cependant des actions utilisables en **thérapeutique,** ainsi que nous le verrons plus loin. Il est facile de mettre en évidence l'innocuité de ces courants, même quand leur intensité est considérable en prenant rapidement à deux mains les deux conducteurs de l'excitateur E (*fig. 1*), même lorsqu'une étincelle jaillit en E. En tenant une poignée métallique il est possible

sans commotion, de faire jaillir des étincelles entre cette poignée et les sphères de l'excitateur E ; dans les mêmes conditions ces étincelles, jaillissant des conducteurs ii de la bobine de Ruhmkorff, seraient désagréables et même dangereuses pour l'opérateur.

EFFETS LUMINEUX -- Deux conducteurs métalliques voisins, isolés à une extrémité, fixés à l'excitateur E, prolongeant ainsi les conducteurs du circuit secondaire du transformateur T (*plongé dans la cuve à l'huile*) s'illuminent et laissent échapper de belles **aigrettes**, il se produit en même temps de **l'ozone** en quantité telle qu'en quelques minutes son odeur caractéristique se répand dans toute la salle. La haute tension du courant secondaire du transformateur T est ainsi démontrée par ces expériences et par celles qui suivent.

Si nous approchons de E un long tube de verre, sans électrode, dans lequel le vide aura été fait (**tube de Tesla**), nous verrons le tube s'illuminer. Le corps humain peut lui-même servir de conducteur : dans ce cas, tenant d'une main l'extrémité d'un **tube de Tesla** *(ou d'un tube de Geissler)*, on saisit de l'autre une des tiges de l'excitateur E, les deux sphères de décharge étant écartées. Si, dans ces conditions, une autre personne vient à prendre à pleine main l'extrémité libre du **tube de Tesla**, celui-ci devient immédiatement très lumineux dans toute sa longueur. Avec nos appareils **plus puissants** (figures 6 et 13) il est possible de faire ainsi une chaîne de plusieurs personnes et d'allumer des lampes à incandescence, à filament très fin, placées entre ces expérimentateurs. Dans ces expériences on n'éprouve aucun effet désagréable et cependant l'intensité du courant qui circule est loin d'être nulle.

Le **tube de Tesla** (*ou celui de Geissler*) peut être illuminé à une certaine distance de l'excitateur E ; il suffit de créer un **champ électrostatique** en reliant un des pôles à une surface métallique dont les dimensions dépendent de la puissance de l'appareil en expérience. Pour le petit appareil classique de la fig. 1, cette plaque est en S (fig. 2) ; le **tube de Tesla**, ou celui de Geissler, tenu à la main par une de ses extrémités s'illumine à une certaine distance de S. — *Il ne faut pas amener les tubes de Tesla au contact de* E, *le tube serait percé par l'étincelle.*

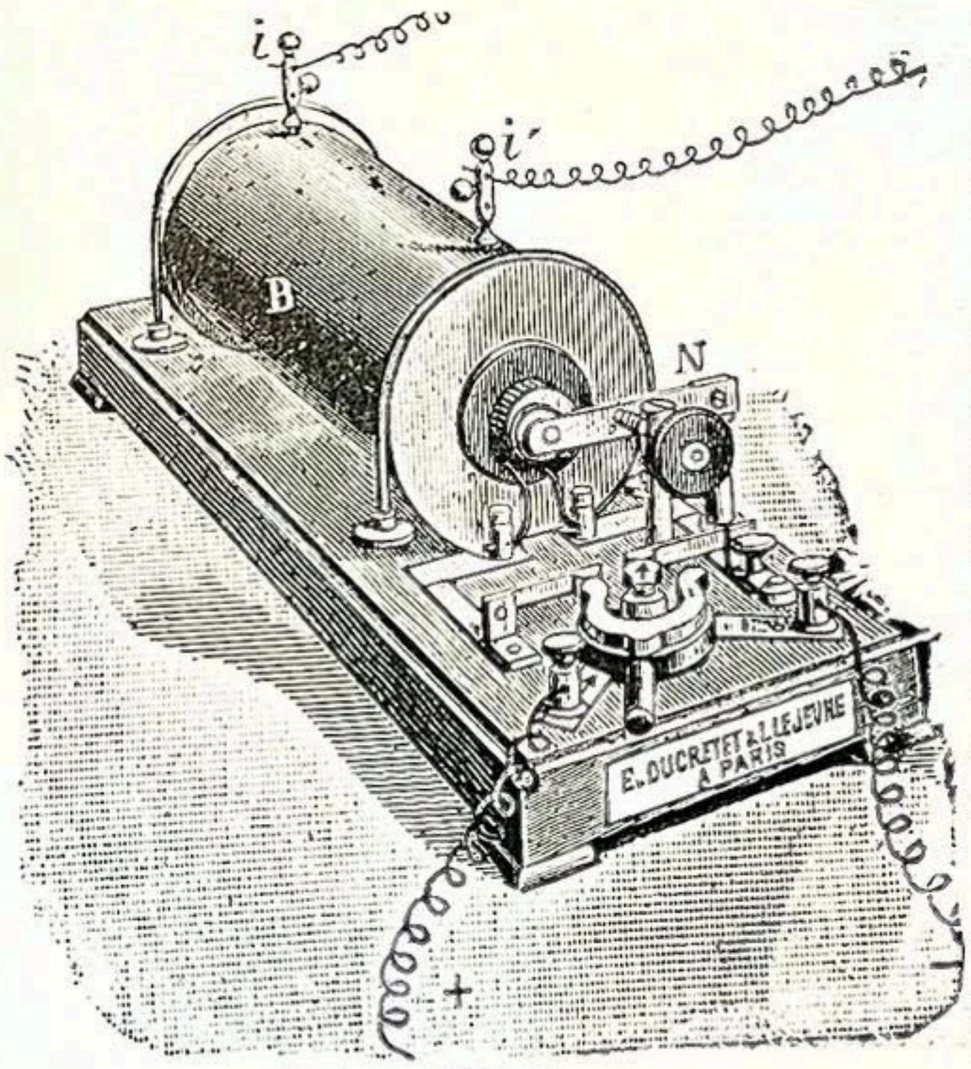


Fig. 3

EFFETS DE SELF-INDUCTION. — La force électromotrice d'induction étant proportionnelle à la vitesse de variation du flux, les courants de haute fréquence produisent des effets inducteurs très puissants que montrent les expériences qui suivent et qui ne pourraient être réalisées avec les courants alternatifs ordinaires à basse fréquence.

La cuve R et son transformateur T étant enlevés, on fixe dans les deux serre-fils A et B, laissés libres, les extrémités A B d'un gros fil de cuivre CO (fig. 2) de faible longueur et d'une résistance presque nulle (0 ohm, 0007) recevant en dérivation une lampe à incandescence L. Le gros conducteur présente une self-induction telle

qu'elle équivaut à une résistance apparente ne laissant plus passer qu'une faible fraction du courant et la lampe L s'allume au blanc. Le calcul montre que pour obtenir le même effet avec un courant continu, l'intensité passant dans le gros fil devrait être, la lampe L étant de 4 volts pour le petit appareil classique de la fig. 1 :

$$I = \frac{E}{R} = \frac{4}{0{,}0007} = 6.000 \text{ ampères environ.}$$

En substituant au gros fil CO un solénoïde H (fig. 2), il est possible d'allumer des lampes L de différents voltages en branchant les fils d'attache de la lampe en différents points du solénoïde : deux spires d'intervalle suffisent pour une lampe de 4 volts. Avec les **appareils plus puissants** qui seront décrits, ces lampes à incandescence peuvent être encore allumées en intercalant le **corps d'une personne comme résistance**, sans qu'elle ressente aucune commotion désagréable.

Une lampe à incandescence L (*4 volts pour l'appareil classique fig. 1*) reliée aux deux extrémités d'un solénoïde H' (fig. 2), s'allume au blanc lorsqu'on introduit à l'intérieur le gros solénoïde H parcouru par le courant de haute fréquence. Ici le phénomène est dû à l'**induction mutuelle** qui se produit entre les deux solénoïdes HH'.

APPAREILS PUISSANTS. — Tous les effets que je viens de décrire sont réalisés avec ce **petit appareil classique** (fig. 1) ; il est généralement actionné par une de nos **bobines de Ruhmkorff** N° 5 (fig. 3), donnant 70 à 75 m/m de longueur d'étincelle.

Les bobines de Ruhmkorff donnant 20, 26, 30, 35 cm de longueur d'étincelle, et au-dessus, sont nécessaires pour réaliser ces belles expériences avec **beaucoup plus d'éclat** ; elles sont indispensables pour les **applications thérapeutiques des courants de haute fréquence.**

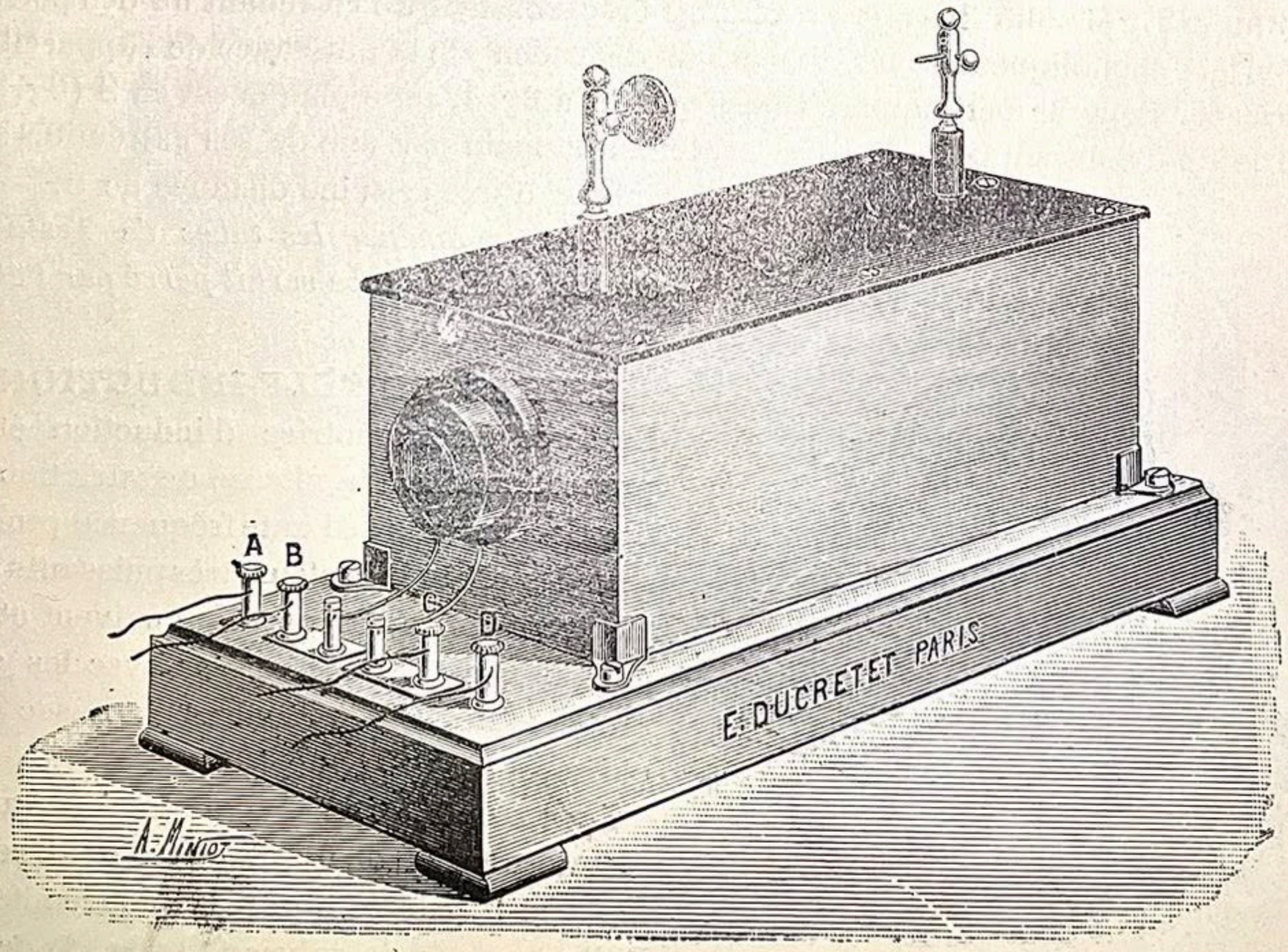


Fig. 4

La fig. 4 est celle du **modèle que j'ai créé** ; la bobine est **entièrement** renfermée

dans une boîte en acajou remplie de notre mélange isolant. Ce modèle est ainsi **réellement transportable**, solide et élégant. Les étincelles sont très nourries et continues.

A la demande les **condensateurs** de ces bobines sont munis d'un **collecteur à manettes**, permettant de les fractionner à volonté.

Un très grand nombre de nos bobines, ainsi disposées (fig. 4) sont en service courant, à l'entière satisfaction des opérateurs, pour la **haute fréquence**, la production des **Rayons X de Rœntgen**, la **télégraphie sans fil** et les expériences du cours de physique. (*Voir les notices spéciales*). Il en est de même pour **l'interrupteur-trembleur** (fig. 5) qui doit actionner ces fortes bobines d'induction, ou **transformateurs à haute tension.** Cet interrupteur (fig. 5) est indépendant de la bobine

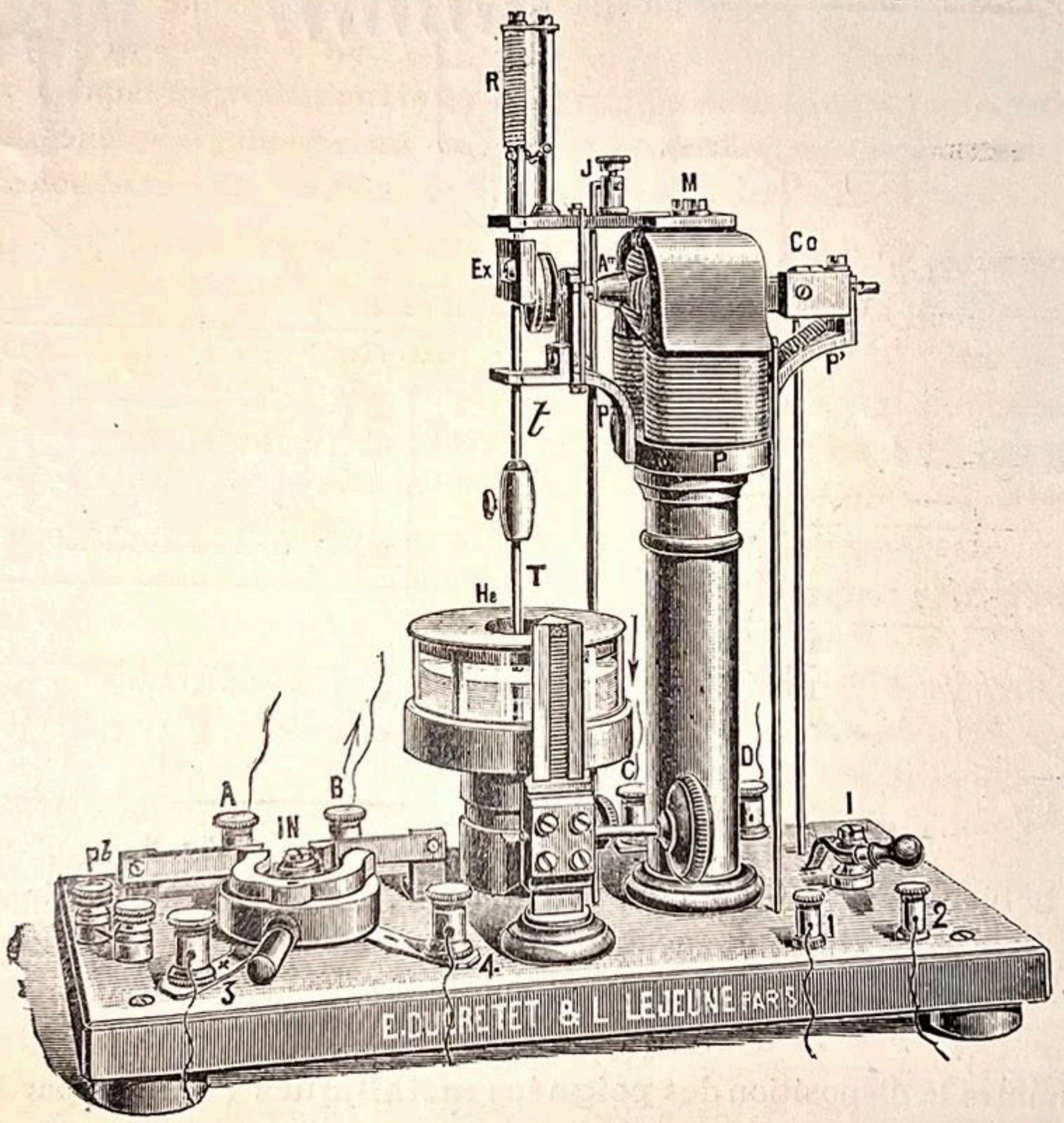


Fig. 5

d'induction ; un petit moteur électrique M P produit le va-et-vient, à vitesse variable, de la tige T à l'intérieur du mercure contenu dans le godet Hg, sa forme et sa disposition assurent le bon fonctionnement de cet interrupteur. Il obvie à tous les inconvénients bien connus des interrupteurs et il réalise à merveille tous les desiderata. (*C. R. Académie des Sciences, N° 24, 14 juin 1897*). Un **rhéostat** permet le réglage de la vitesse du moteur.

(*Une notice spéciale est livrée avec chaque interrupteur. La fig. 12 est celle du montage des appareils sur un circuit distribué à 110 volts*).

La fig. 6 montre l'ensemble d'un appareil puissant :

Bo — **Bobine d'induction** de 20, 26, 30 c/m de longueur d'étincelle, **et au-dessus,** actionnée par l'interrupteur fig. 5.

e — **Excitateur** pour la décharge oscillante.

Co — **Condensateurs** (bouteilles de Leyde) en double série. Quatre bocaux suffisent pour une bobine de 20 c/m d'étincelle.

S — **Solénoïde** servant de source de **courant de haute fréquence** à utiliser pour les expériences ou pour les **applications thérapeutiques**. La fig. 13 montre ce solénoïde S avec son système de réglage ; dans tous les cas, une des extrémités peut être mise à la terre.

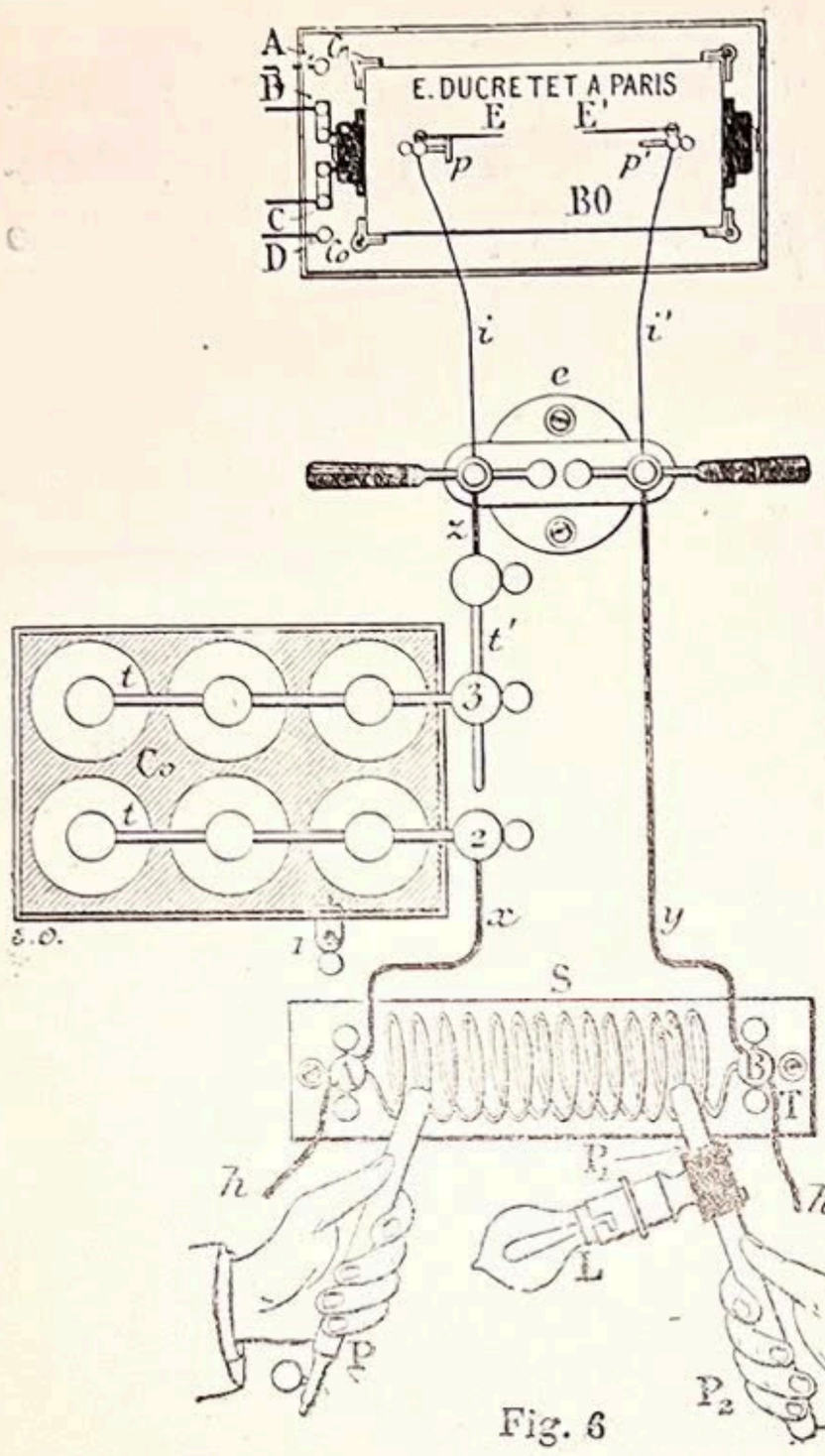


Fig. 6

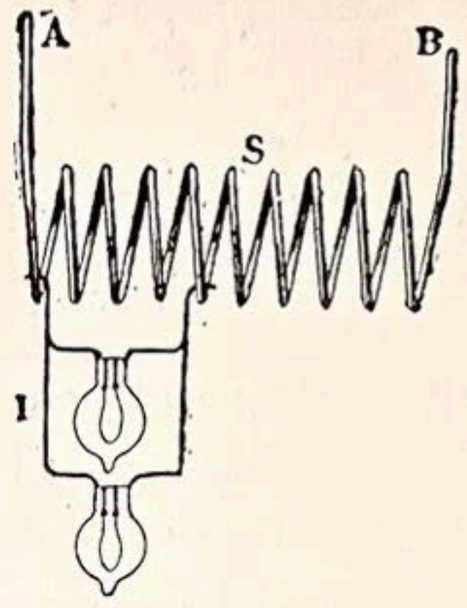
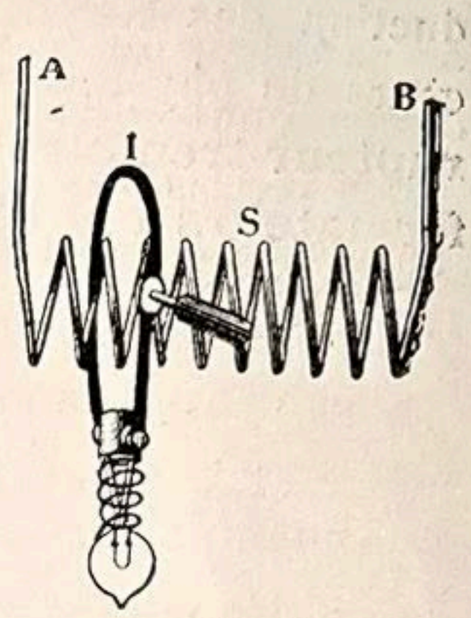


Fig. 7



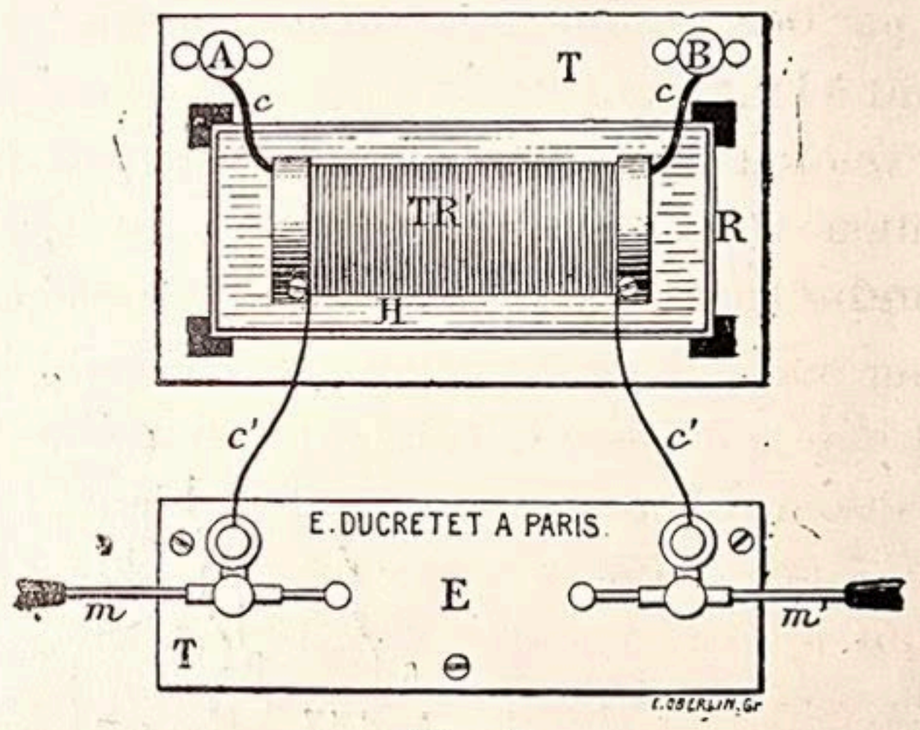


Fig. 8

Avec une bobine de 20 c/m de longueur d'étincelle, il est possible d'allumer, au travers du corps de l'expérimentateur, une **lampe à incandescence** de 120 à 150 volts et 0 amp. 2 Ce nombre est augmenté avec une bobine plus forte et avec l'**alternateur** représenté fig. 13.

La fig 6 montre la disposition des **poignées métalliques** P tenues par l'opérateur ; celle P^1 P^2 est en deux parties réunies par la lampe L, ainsi intercalée dans ce circuit humain. Le bouton de serrage qui termine la **poignée simple** P sert à introduire dans le circuit une chaîne de lampes L. Le solénoïde S (fig. 6 et 13) est utilisé en

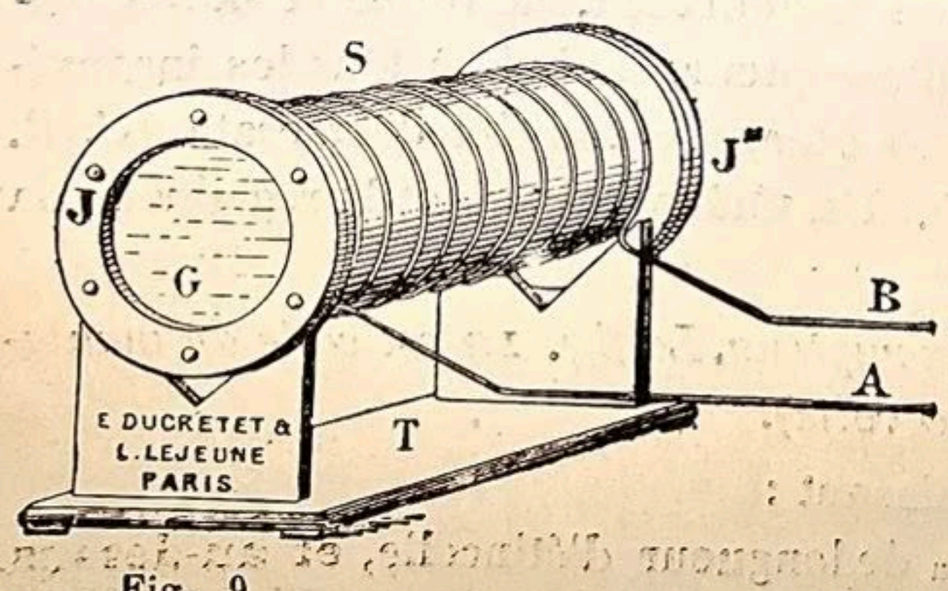


Fig. 9

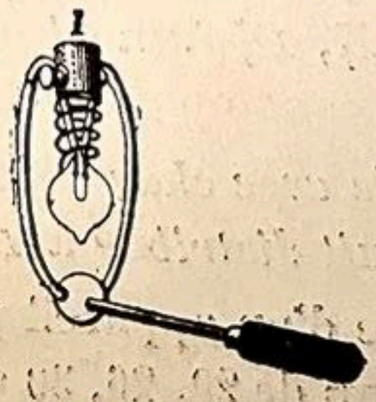


Fig. 10

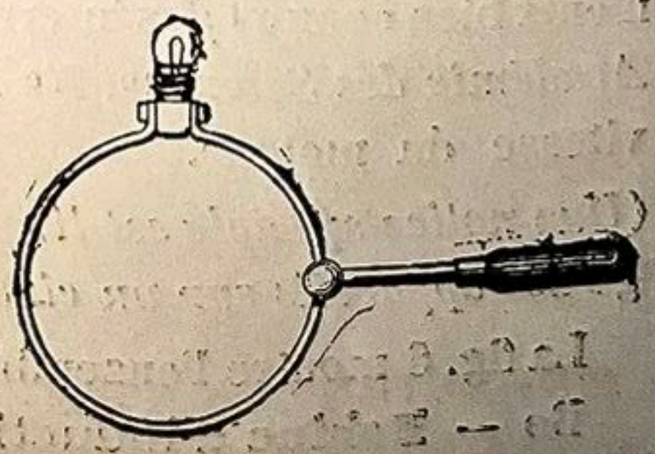


Fig. 11

thérapeutique pour les applications directes, sur le sujet, de la haute fréquence ; en

augmentant entre P et P¹ le nombre de spires, les effets deviennent plus énergiques.

Ce solénoïde S peut être de dimensions très variables et assez grand pour recevoir le **corps entier d'un homme** (*voir le tarif*), pour les traitements par **autoconduction** (M. d'Arsonval). Celui S, de la fig. 9, est en ébonite, son diamètre intérieur est assez grand pour recevoir le bras; il est muni de glaces de fermeture et de trous pour la circulation de l'air; dans ces conditions on peut mettre un **animal** dans l'intérieur de ce solénoïde.

Pour mettre en évidence les courants induits qui prennent naissance à l'intérieur et à l'extérieur de ce solénoïde (fig. 9), on fait usage des circuits, fig. 10 et 11, avec lampe à incandescence ; elle s'allume sous l'influence du courant qui circule en S.

Les accessoires des fig. 2 et 7 permettent, ainsi qu'il a été décrit, de démontrer les phénomènes de **self-induction** : le voltage des lampes à incandescence varie suivant la puissance de l'appareil.

Pour les **applications thérapeutiques**, le **grand solénoïde** est d'un emploi fréquent. Fixé au plafond, il peut être abaissé, par le jeu de poulies, sur le patient au moment et pendant la durée de l'application de la haute fréquence.

Ce solénoïde est enroulé sur une carcasse en osier ayant environ 130 c/m de hauteur totale et 80 c/m de diamètre à la base ; les deux extrémités de ce conducteur sont prolongées par des conducteurs souples amenés en A et B (fig. 6, 13). Le corps du sujet introduit à l'intérieur de ce solénoïde devient le siège de courants induits puissants qui se développent et circulent profondément dans l'organisme, tout en supprimant l'application d'électrodes. Ainsi que je l'ai dit, **M. le Dr d'Arsonval** donne le nom " **d'autoconduction** " à ce mode de traitement.

Pour manifester d'une manière sensible l'existence des lignes de force du champ électrique ainsi produit, le sujet, placé dans l'intérieur du solénoïde, tient à la main (ou autour du cou) une grande bobine de fil de cuivre isolé dont les extrémités son fixées à une lampe à incandescence de 120 à 150 volts. Cette lampe s'illumine au blanc lorsque le plan des spires de la bobine est parallèle au plan des spires du grand solénoïde ; elle reste sombre dans le plan perpendiculaire.

Pour constituer un **indicateur d'induction bien visible**, sur les indications de **MM. les Drs Gautier et Larat**, nous enroulons à la partie supérieure du **grand solénoïde d'autoconduction** quelques spires d'un deuxième fil, isolé du premier, dont les extrémités sont fixées à une lampe de 110 à 120 volts. L'éclat de cette lampe permet de se rendre compte de l'énergie des courants de haute fréquence utilisés. En agissant sur la distance explosive de l'étincelle de décharge, en e (fig. 6, 13), il est possible de graduer les effets en observant l'éclat de la lampe indicatrice qu'on peut amener ainsi du rouge sombre au blanc.

Pour les **Cliniques** et le cabinet des **Docteurs**, un **bahut** en bois, fait à la demande, reçoit, à l'intérieur : la bobine de Ruhmkorff Bo (fig. 6) ou le transformateur TR de la fig. 13 et la batterie de condensateurs Co. A l'extérieur, le dessus du bahut reçoit l'interrupteur à mercure (fig. 5), les rhéostats, le solénoïde S et l'excitateur à décharges oscillantes E (fig 6). Les communications sont faites avec des conducteurs très isolés. Dans le cas de la fig. 13, les appareils de mesure et de réglage trouvent une place convenable. (*Voir le tarif spécial de 1898, octobre*).

EXPÉRIENCES A HAUTE TENSION. — Toutes les expériences décrites et réalisées avec l'appareil classique (fig. 1), peuvent être reproduites **très brillamment avec nos appareils puissants**, fig. 6 et 13. Celles qui suivent ne sont plus du **domaine**

thérapeutique mais de celui **expérimental.** Ainsi qu'il a été dit, pour obtenir, en même temps qu'une très grande fréquence, une tension très élevée, il faut faire usage d'un deuxième **transformateur** TR', (fig. 8), de dimensions appropriées à la puissance de la source d'énergie électrique à basse fréquence. Ce transformateur plonge dans la **cuve à huile isolante** H.

Après avoir enlevé le solénoïde S (fig. 6 et 13), le primaire à gros fil cc de TR', (fig. 8) fixé aux bornes A B, se met en connexion avec les conducteurs x y et le circuit secondaire, à fil fin c' c', avec les tiges de l'excitateur E.

Avec une bobine de Ruhmkorff BO (fig. 6) de 20 c/m de longueur d'étincelles, celles **de haute fréquence et de haute tension** qui éclatent en E, sont très nourries, bruyantes, et elles atteignent 8 à 10 c/m de longueur. Ces effets sont considérablement augmentés avec des bobines plus fortes et avec l'**alternateur** Al (fig 13).

L'**innocuité** de ces courants est rendue évidente, avec ces puissants appareils, en approchant des tiges mm' de l'excitateur E une poignée métallique tenue à la main : sans aucune sensation désagréable, il est ainsi possible de tirer des étincelles qui jaillissent alors sur la poignée métallique. Si on approchait simplement la main non munie de cette poignée métallique, l'étincelle de ces puissants appareils, jaillissant directement sur la peau, produirait une brûlure et une piqûre désagréables.

Avec les poignées métalliques de la fig. 6 mises en contact avec les conducteurs mm' de l'excitateur E (*le solénoïde* S *a été enlevé de l'appareil*) il est possible d'allumer une ou plusieurs lampes à incandescence de 120 à 150 volts, le courant traversant ainsi le corps d'un ou de deux expérimentateurs ; ils doivent être légèrement isolés du sol en se plaçant sur un tabouret en bois.

A la lampe à incandescence peut être substitué un **tube de Tesla**, droit, de 90 à 100 c/m de longueur. Ce tube est **sans électrode**, le vide presque parfait y est fait sur l'acide carbonique. Tenu d'un bout, à pleine main, par un 1er opérateur mis en communication avec une des tiges de l'excitateur E, au moyen d'une poignée métallique, le **tube de Tesla** s'illumine, même si son autre extrémité reste libre ; mais son intensité lumineuse devient bien supérieure si un 2e opérateur saisit l'autre extrémité du tube et s'il se met en communication, comme le 1er opérateur, par une poignée métallique, avec la 2e tige de l'excitateur E.

Il est possible, avec le matériel de la fig. 13, de faire ainsi une chaîne de plusieurs opérateurs ; ils doivent se placer sur un sol mauvais conducteur.

L'opérateur, mis en communication d'une main avec une des tiges de E, et tenant de l'autre main le **tube de Tesla**, peut allumer **un bec de gaz** avec l'autre extrémité libre du tube sans ressentir aucune commotion.

Des **lampes de Tesla**, spéciales, placées dans les mêmes conditions, deviennent très lumineuses.

CHAMP ÉLECTROSTATIQUE. - En reliant l'une des tiges de l'excitateur E (fig. 8) à une grande surface métallique isolée, suspendue à environ deux mètres du sol, on pourra créer un **champ électrostatique** entre la plaque et le sol : tous les tubes de **Geissler, Crookes, Tesla,** placés dans ce champ s'illumineront sans être en communication avec l'appareil ni avec la plaque. L'effet sera maximum lorsque les **tubes de Tesla** seront tenus à la main, verticalement, par une extrémité, l'autre extrémité amenée au voisinage (*sans y toucher*) de la plaque. Ainsi, un certain nombre de tubes pourront être allumés et l'effet produit est des plus curieux.

En déplaçant le tube tenu à la main, plus ou moins rapidement de droite à gauche et vice versa, l'intermittence du courant est mise en évidence par la **multiplicité des images du tube lumineux** ainsi agité et observé dans l'obscurité. La méthode **stroboscopique** peut être appliquée pour observer cette intermittence.

Les expériences si remarquables de **Tesla** permettent donc la réalisation d'un nouveau mode d'éclairage «**par la lumière froide**». Il faut aussi rappeler que ce savant a entrevu la possibilité, avec ces courants, de **télégraphier dans l'espace, sans fil** !

N. B.— Ainsi que je l'ai dit ci-dessus, il ne faut pas amener les **tubes et les lampes de Tesla** *au contact des tiges de l'excitateur E, ni de la plaque de champ ; ils seraient percés par l'étincelle, qu'il faut éviter de faire jaillir en les tenant à une certaine distance.*

AIGRETTES — OZONE.—La tension du courant le long des fils émergeant du secondaire c'c' (fig. 8), fixés à l'excitateur E, est si grande que l'on observe, dans l'obscurité, une **illumination** et **des aigrettes du plus bel effet.** Ces fils, partant de E, sont isolés à leur autre extrémité ; ils sont tendus parallèlement, au voisinage l'un de l'autre, à une distance que l'étincelle ne doit pas franchir. On observe alors une véritable **nappe de feu** et il se produit, en même temps, une quantité **d'ozone** telle qu'en quelques minutes son odeur caractéristique se répand dans toute la salle.

La longueur de ces fils métalliques dépend de la puissance de l'appareil.

Nous décrirons plus loin d'autres procédés pratiques pour la production de l'**ozone** par les courants de haute fréquence.

UTILISATION DU COURANT DISTRIBUÉ A 110 OU A 120 VOLTS.— Les bobines de Ruhmkorff peuvent être actionnées directement par le **courant continu d'une dynamo** de laboratoire ou par celui distribué à 110 ou à 120 volts. Dans les deux cas il suffit d'introduire dans le **circuit de l'inducteur** de la bobine, avec le courant de la dynamo ou de la distribution, un **ampèremètre** et un **rhéostat** à cur-

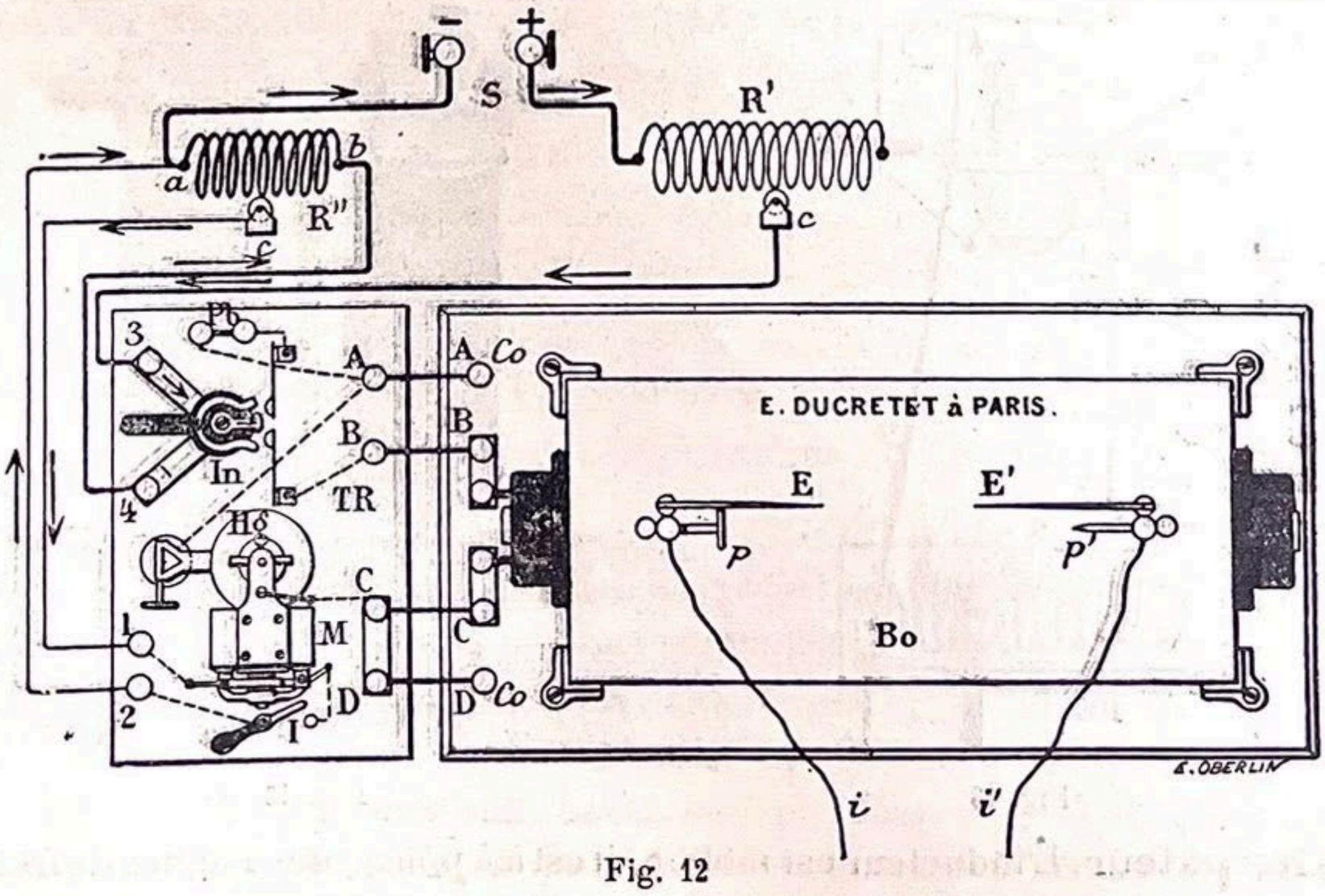


Fig. 12

seur mobile capable d'amener le débit à une intensité de 3 à 8 ampères suivant la

puissance de la bobine employée. Dans ce cas il faut employer, pour le trembleur interrupteur, une petite batterie d'accumulateurs indépendante, d'un type portatif.

Si on veut utiliser le courant de la dynamo ou de la distribution pour le fonctionnement de la bobine Bo et de l'interrupteur-trembleur, sans employer d'accumulateurs, la fig. 12 donne le dispositif à employer.

Le rhéostat R' sert à réduire l'intensité du courant à la valeur convenable, ainsi qu'il vient d'être dit : *il faut toujours introduire la* **plus grande résistance** *avant de fermer le circuit* ; on la réduit ensuite, peu à peu, pour atteindre le régime normal.

Le rhéostat R", à trois bornes, sert de réducteur ; il permet de prendre une dérivation de quelques volts, sur le circuit principal, pour actionner le moteur du trembleur ; le curseur mobile du rhéostat règle la vitesse du moteur.

Un ampèremètre, plomb fusible, et interrupteur double, sont employés, ainsi qu'il est décrit. — (*N.-B. — Nous préférons assurer l'indépendance du circuit du moteur par l'emploi de la petite batterie d'accumulateurs*).

GRAND APPAREIL AVEC ALTERNATEUR

Les effets les plus puissants, tant pour les **applications thérapeutiques** que pour celles **expérimentales**, sont obtenus avec **l'alternateur**, l'énergie en jeu étant plus considérable. La figure 13 est celle qui représente l'ensemble de ce matériel, il comprend :

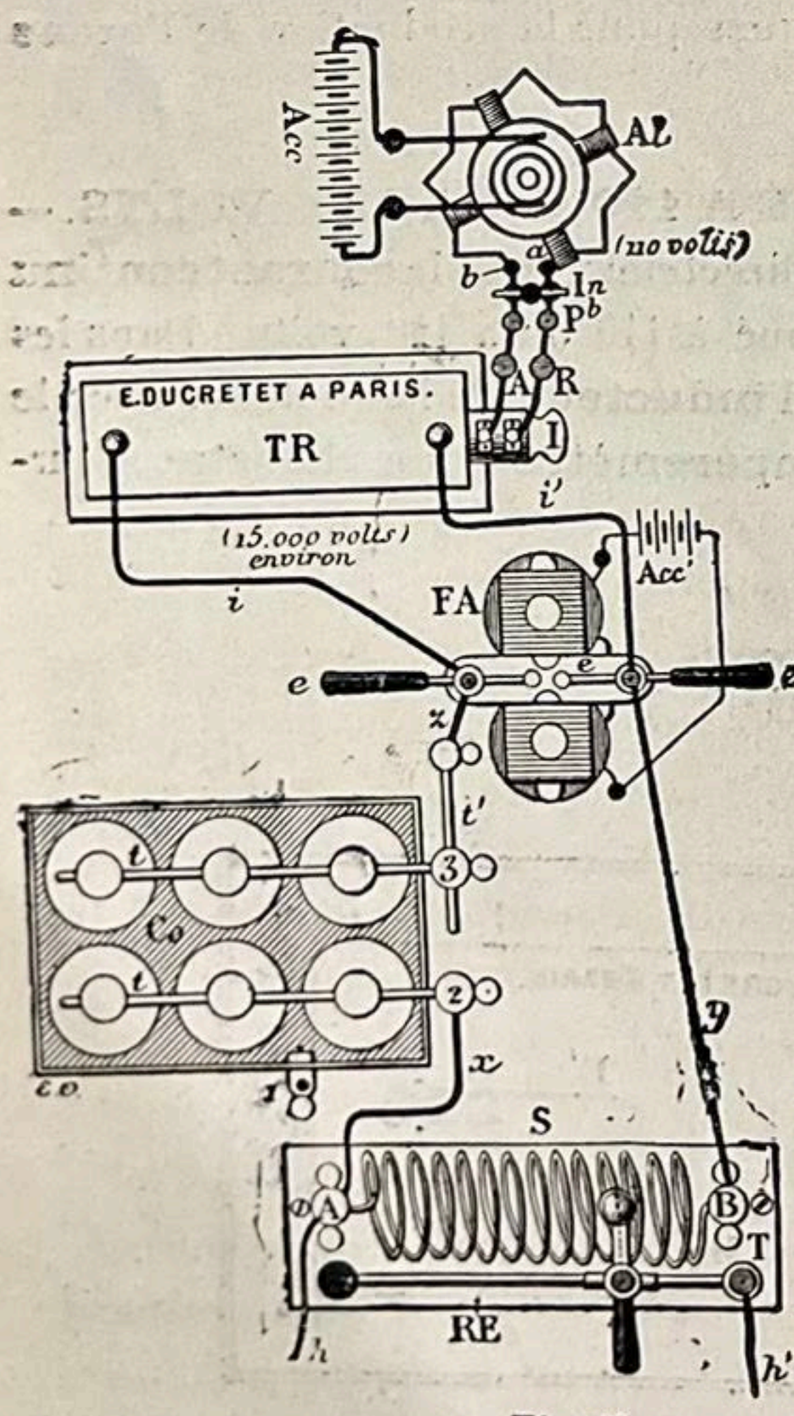


Fig. 13

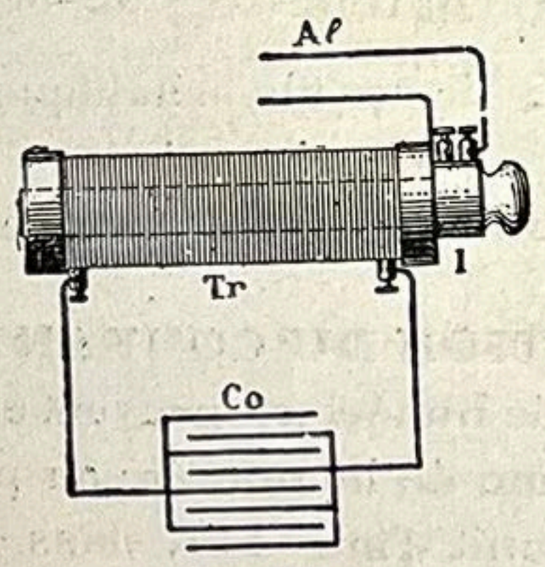


Fig. 14

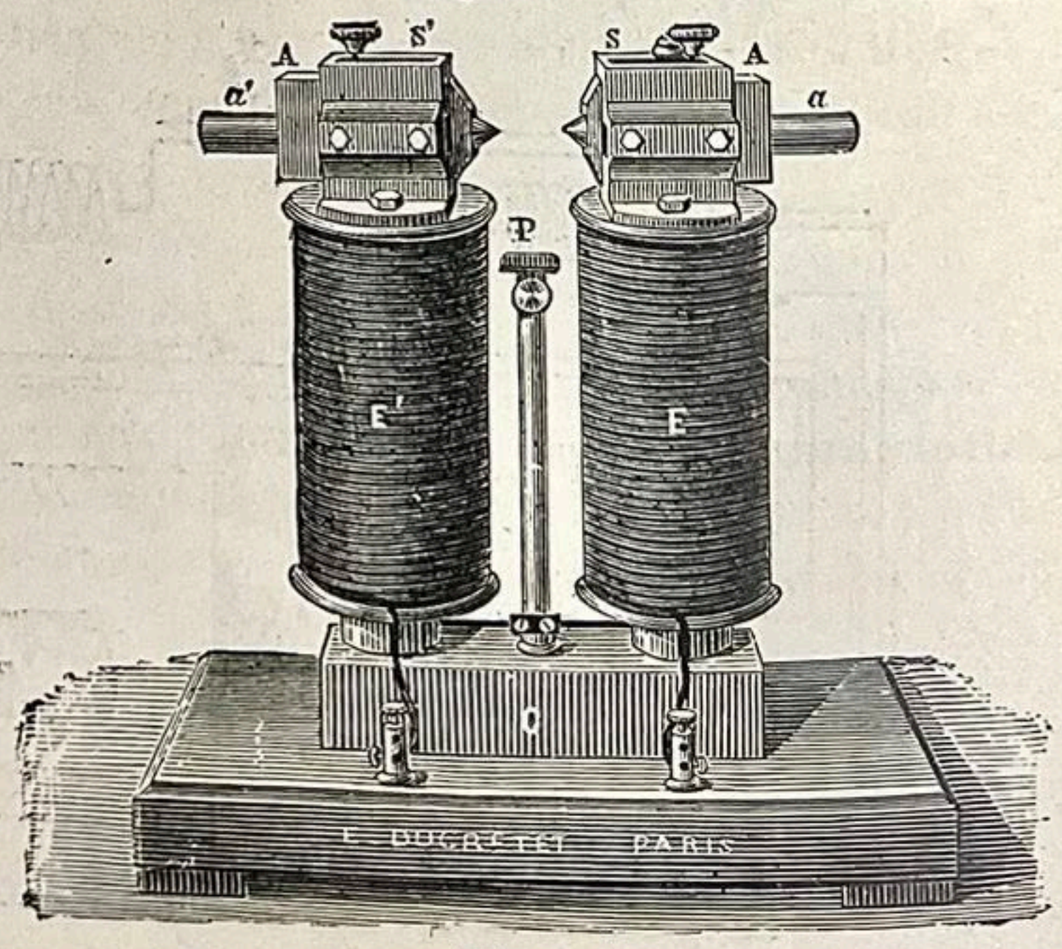


Fig. 13 bis

Al — Alternateur. L'inducteur est mobile, il est à 4 pôles ; des bagues de frottement, avec balais y amènent le **courant d'excitation** Acc.

L'induit, sans fer, est à huit pôles : il est fixe. Il donne un courant à courbe sinusoïdale.

L'excitation est produite par un courant continu de 25 à 30 volts et 6 à 8 ampères que donne une batterie d'accumulateurs ou une petite dynamo indépendante de l'alternateur.

A la vitesse de 1000 tours à la minute on obtient, avec cet alternateur, une différence de potentiel de 110 à 120 volts, avec 66 périodes complètes par seconde. L'intensité du courant est d'environ 8 ampères. La force absorbée est d'un cheval ½ environ, plus celle nécessaire à l'excitation (25 à 30 kilogrammètres), si ce courant est produit par une petite dynamo excitatrice.

In — **Interrupteur bipolaire.**

b — **Plombs** fusibles.

A — **Ampèremètre** pour courants alternatifs (10 à 12 ampères).

R — **Bobine de self-induction** à réglage variable ; elle sert à régler le débit du courant ainsi amené au circuit primaire 1 du transformateur TR (fig. 13).

N. B. — L'emploi de cette bobine de self-induction nous a été indiqué, en 1893, par **M.** le Dr **Gautier** ; *la description de cette application était déjà publiée dans* **La Lumière électrique** *de 1891.*

TR — **Transformateur** à haut potentiel ; son circuit induit est complètement renfermé dans une boîte remplie de notre mélange isolant. Il multiplie par 125, environ, la tension de l'**alternateur** Al ; on obtient donc environ 15.000 volts aux bornes du transformateur, en ii'.

e — **Excitateur** pour la décharge oscillante. Cette étincelle doit être **soufflée** dans le cas de l'emploi de l'alternateur. Nous verrons comment ce soufflage est obtenu efficacement.

Co — **Condensateurs** (bouteilles de Leyde) en double série.

N. B.— Nous préférons, après essais comparatifs suivis, l'emploi des bouteilles de Leyde à celui des condensateurs plats, à lames de verre. A cause des effets destructeurs produits par l'ozone et la chaleur, l'emploi de ces bouteilles est bien préférable et il est économique.

S — **Solénoïde** de haute fréquence avec **réducteur** RE ; le circuit à utiliser est en hh'. La fig. 13 donne exactement le schéma des communications.

P.S.— Il est **dangereux** *de toucher aux pièces métalliques, non isolées qui se trouvent à la sortie du transformateur* TR, *en ii' ; ce circuit étant parcouru par un courant de très haut potentiel et à basse fréquence. Les manches des tiges mobiles de* E *sont en ébonite.*

L'alternateur *Al peut être remplacé par le* **courant alternatif** *distribué à domicile à 110 ou 120 volts ; les conducteurs de cette distribution sont alors simplement amenés aux bornes a b, d'arrivée, indiquées sur la fig. 13.*

SOUFFLAGE DE L'ÉTINCELLE DE DÉCHARGE. — Pour obtenir en e la **décharge oscillante**, dans le cas de l'alternateur, fig 13, il est nécessaire de **souffler** sur l'étincelle qui éclate en e. Il suffit d'amener entre les deux sphères **un courant** d'air sous pression (1 ½ à 2 atmosphères), dirigé sur e par un petit chalumeau en verre fixé sur un support articulé.

Avec un **réducteur de pression** il est possible d'utiliser le gaz acide carbonique ou l'oxygène comprimé que l'on trouve dans le commerce.

Le soufflage de l'étincelle peut encore s'obtenir en plaçant l'excitateur e dans le **champ magnétique** d'un petit **électro-aimant de Faraday** FA (fig. 13 et fig. 13bis), excité par le courant Acc'. Le soufflage par les gaz comprimés suffit. Si la **distance explosive** est convenable, le soufflage de l'étincelle la rend caractéristique et par sa forme et par son bruit sec ; elle devient oscillante.

L'appareil ainsi décrit convient aux **applications thérapeutiques**, et tout ce qui a été décrit pour la fig. 6 s'applique au matériel de la fig. 13 ; la mise en action est simple.

Ce matériel permet d'alimenter plusieurs grands solénoïdes à haute fréquence pour les traitements par **l'autoconduction de M. le Dr d'Arsonval. Le bahut**, qui a été décrit ci-dessus, reçoit tous les appareils qui composent ce matériel puissant.

PRODUCTION DE L'OZONE. — La fig. 14 montre le transformateur TR (fig. 13) directement relié à un **producteur d'ozone** à plaques multiples Co, sorte de condensateur à circulation d'air ou d'oxygène. Une véritable **pluie de feu** se manifeste entre toutes les plaques ; elle électrise le gaz qui circule entre elles. (*Journal* **les Mondes**, *1871* .*Traité de M.* **Mascart**, *tome 2, 1876*).

Des petits transformateurs industriels domestiques, à faible débit, peuvent ali-

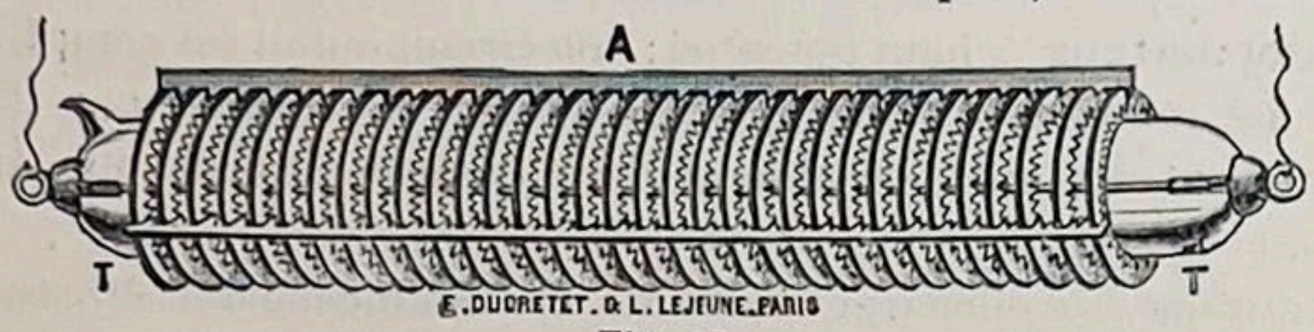


Fig. 15

menter les **tubes à ozone Andréoli** ; la fig. 15 montre la disposition de ses **tubes à vide**, lumineux. (*Notice spéciale*).

Ces petits transformateurs peuvent être actionnés par **l'alternateur** Al (fig. 13) ; mais ils sont surtout construits pour être directement branchés sur les **distributions à courants alternatifs**, à 110 volts, comme une simple lampe de 16 bougies. Ils élèvent à 4000 volts, environ, la tension du courant distribué à domicile. **Les tubes lumineux, à ozone, d'Andréoli**, servent pratiquement pour toutes les **applications médicales de l'ozone.**

N.B.- Ainsi qu'il a été dit, ne pas toucher directement aux circuits de ces transformateurs.

EXPÉRIENCES A HAUTE TENSION

Si on relie directement à un excitateur E (fig. 8), les deux sorties ii' du transformateur TR (fig. 13), actionné par l'alternateur Al ou par le courant alternatif d'une distribution à 110 ou à 120 volts, en éloignant peu à peu l'une de l'autre les boules de l'excitateur E, on verra jaillir entre elles une flamme jaunâtre et très chaude qui pourra atteindre 4 à 5 centim. de longueur. (*Cette étincelle de basse fréquence, mais à haut potentiel d'environ 15.000 volts, est dangereuse; ainsi que nous l'avons dit, ne pas toucher aux pièces non isolées de ce circuit*). Cette flamme est susceptible d'allumer instantanément du papier, du bois et d'amener à l'incandescence des corps réfractaires qui y sont soumis : magnésie, zircone, débris de manchons de becs Auer, etc , etc.

Les expériences à **très grande fréquence et à haute tension**, réalisées avec l'appareil de la fig. 13, qui vient d'être décrit, sont **extrêmement brillantes**. Ainsi qu'il a été dit pour la fig. 6 : après avoir enlevé le solénoïde S (fig. 13), le primaire à gros fil cc de TR' (fig. 8), fixé aux bornes A B, se met en connexion avec les conduc-

teurs x y, et le circuit secondaire à fil fin c' c', avec les tiges de l'excitateur E.

Ce **transformateur Tesla**, TR', avec sa cuve à huile isolante, doit être de dimensions appropriées.

Si l'étincelle de décharge oscillante e (*soufflée par les procédés que j'ai indiqués*) est bien réglée, on doit obtenir en E (fig. 8) un flux d'étincelles, vives, chaudes, continues, pouvant atteindre de 20 à 25 centimètres de longueur; elles permettent la réalisation **très brillante** des expériences précédemment décrites sur lesquelles il est inutile de revenir. (*Voir le tarif pour le détail des appareils employés.*)

EFFETS DE LA FOUDRE. — **En groupant en quantité** les bouteilles de Leyde Co (fig. 13), le **transformateur de Tesla TR'** (fig. 8) disposé comme précédemment (*le Solénoïde* S *étant enlevé*), les étincelles qui jaillissent en E deviennent **extrêmement vives et bruyantes** ; elles atteignent 28 et 30 cent. de longueur, et elles se divisent en nombreux traits dont la forme rappelle celle des **éclairs**. Cette étincelle permet de reproduire certains effets que l'on constate dans les **coups de foudre**. En reliant les boules de l'excitateur E aux extrémités d'un **bâton de bois**, d'environ 20 c/m de longueur, l'étincelle se fraye un chemin tantôt à la surface du bois, tantôt en suivant des veines intérieures et en décrivant des sinuosités capricieuses; en quelques secondes le bois lance des flammes de tous côtés en présentant une ligne de points incandescents et finit par se déchiqueter. En coupant ce bois en deux parties dans le sens de la largeur on retrouve à l'intérieur le passage de l'étincelle.

Le soufflage de l'étincelle (*par les moyens indiqués*) *n'est pas nécessaire avec ce dispositif, mais il faut bien régler la distance explosive en* e. — *Pour grouper les condensateurs Co* **en quantité**, *il suffit, suivant la fig. 13, de mettre le conducteur x en communication avec la borne* 1 *reliée à toutes les armatures extérieures de Co et de fixer ensemble les bornes* **2** *et* **3** *avec la tige t' ; les autres connexions restent suivant la figure 13. Cette combinaison est rapidement faite avec la disposition de nos appareils. Avec ce dispositif* **de quantité**, *le nombre de périodes étant moins élevé, il n'est plus possible de recevoir le courant au travers du corps sans s'exposer à des commotions désagréables que ne donnent pas les dispositifs précédents.*

Dans tous les cas (fig. 6 et 13), il est possible de faire varier rapidement par le jeu des tiges **tt**, *le nombre de bouteilles de Leyde mises en action : on peut ainsi comparer les effets obtenus.*

COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE ET DE HAUTE TENSION

OBTENUS AVEC LE

RÉSONATEUR DU Dr OUDIN

Note extraite de celle du **Dr Oudin**, *à l'Académie des Sciences. N° 23 du 6 juin 1898.*

C'est en 1892 que M. le **Dr Oudin** a fait connaître le principe de l'élévation de tension des courants de haute fréquence par la **résonance** ; depuis, il a fait subir plusieurs modifications à son appareil primitif et il le présente aujourd'hui sous la forme d'un solénoïde de fil de cuivre rouge, non isolé, enroulé autour d'un cylindre de bois paraffiné.

La haute fréquence est produite, soit par une machine à influence, soit par un quelconque des dispositifs de **Hertz** ou de **Tesla** (*qui viennent d'être décrits*) ; M. le **Dr Oudin** donne la préférence à celui imaginé par **M. d'Arsonval**, dans lequel l'**étincelle oscillante** éclate entre les armatures internes de deux bouteilles de Leyde

(fig. 17) ; elles sont de capacité relativement faible. Leurs armatures extérieures A B sont reliées au résonateur. Un fil souple permet de faire varier le point d'attache au résonateur, pour le régler, en modifiant sa capacité et sa self-induction, suivant chaque cas de son fonctionnement.

On sépare ainsi le résonateur en **deux solénoïdes** qui se font suite l'un à l'autre. Dans le premier, le plus court, prennent naissance les oscillations de haute fréquence, en même temps que sont fermés en court circuit les courants de basse fréquence qui se produis nt concurremment ; dans le second, plus long, la haute fréquence agit seu-

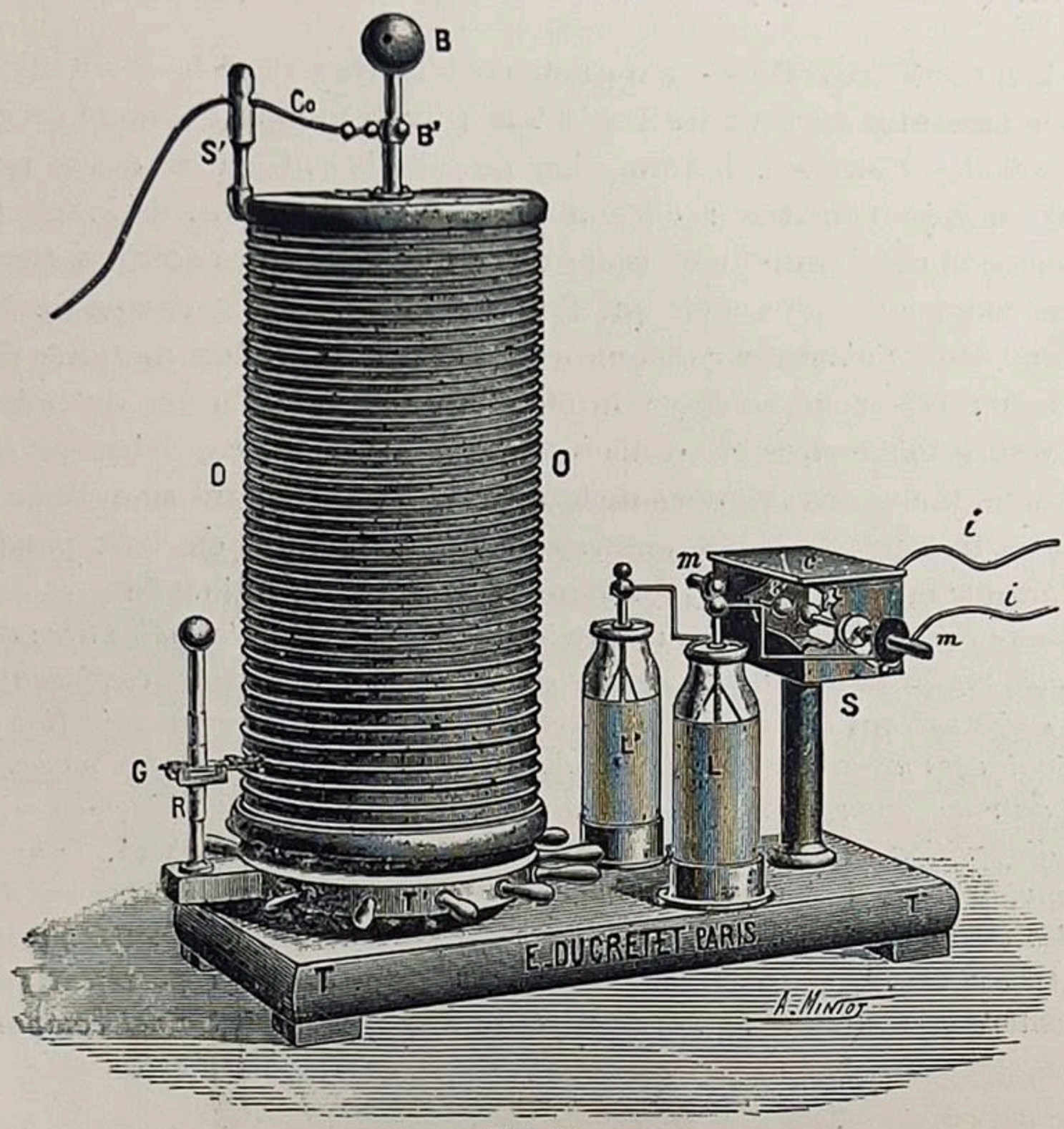


Fig. 16

le et atteint, par self-induction, l'énorme tension que l'on constate à l'extrémité libre du résonateur, sans qu'il soit nécessaire, pour l'obtenir, de faire usage de la cuve à huile isolante de **Tesla.**

Fig. 17

L'isolement complet du **résonateur Oudin** ne présente en effet aucun intérêt : quand son réglage est bon, on voit de toute sa dernière spire, et même de son extrémité libre, et rien que de là, jaillir des **gerbes d'effluves** qui ne ressemblent en rien à ceux de la machine statique. Au lieu d'une lueur continue, ces effluves offrent l'aspect d'aigrettes violacées sinueuses, de 12 à 15 centim. de longueur et couronnant la circonférence supérieure du résonateur d'une **auréole lumineuse très brillante** dans l'obscurité. C'est donc toujours

de la dernière spire seule, et des conducteurs qui y seront reliés, que s'échappent ces belles aigrettes. La réaction des autres spires les unes sur les autres empêche cette projection d'effluves à l'air libre, à moins qu'on n'en approche une capacité quelconque, la main par exemple. (*Pour éviter les brûlures que ces étincelles produisent, tenir en main une poignée métallique sur laquelle jaillissent les étincelles*).

La figure 16 est celle du **résonateur** que nous avons construit sur les savants conseils de son auteur, **M. le Dr Oudin**, en n'y apportant que des modifications dans la construction de ses organes. Le grand modèle convient aux bobines de Ruhmkorff de 20, 26, 30, 35 centim. de longueur d'étincelle, **et au-dessus**, (fig. 4), actionnées par le trembleur à moteur (fig. 5). Il comprend :

En O, le **résonateur** proprement dit. C'est un cylindre O en bois, fileté, sur lequel se trouvent enroulés **deux solénoïdes**, l'un en gros fil, à la partie inférieure ; l'autre, en fil plus fin, est directement relié à celui à gros fil sur lequel agit le galet G. Ces fils métalliques ne sont pas isolés. Ce cylindre O est **fixé** sur le socle T, il ne **tourne pas**. *Il est évidemment possible de n'avoir qu'un seul diamètre de fil.* Le galet G, à gorge, du genre de ceux des **rhéostats de Jacobi**, à l'inverse de ceux-ci, **se transporte autour du cylindre** O ; en suivant les spires du circuit inférieur il prend un mouvement vertical sur la monture R fixée sur le socle T'.

Pour obtenir un bon réglage du **résonateur Oudin**, il suffit d'agir sur T, mobile autour de l'axe fixe du cylindre O ; on amène ainsi, **rapidement**, le galet mobile G à la position convenable sur le solénoïde inférieur.

En dessous de T', au moyen d'un ressort à galet, un cercle fixé sur le socle T établit la communication entre la bouteille de Leyde L et la monture R du galet mobile. La deuxième bouteille de Leyde L' communique directement avec l'axe fixe du cylindre O mis en contact direct avec l'extrémité inférieure du solénoïde O.

L'excitateur pour les étincelles de décharge, dans notre modèle actuel, est disposé suivant celui E, de la fig. 17, avec colonnes isolantes ; une troisième colonne reçoit une **sphère centrale**, fixe, permettant d'avoir, à volonté, une double étincelle de décharge. Les sphères de décharge sont garnies de platine et préparées de façon à ne pas être attaquées par l'acide azoteux qui se produit pendant les décharges. L'appareil est disposé pour avoir une **circulation de gaz** et le soufflage de l'étincelle si cela était nécessaire.

Une boîte en bois, spéciale, avec couvercle, recouvre le tout ; des chicanes intérieures masquent les étincelles de décharge. Cet ensemble, **ne touchant en aucun point** aux tiges de l'excitateur E, ne nuit pas aux décharges des fortes bobines de Ruhmkorff.

Les bouteilles de Leyde LL' (fig. 16), Co Co' (fig. 17), ne **servent pas de supports** aux tiges de décharge de l'excitateur ; elles restent indépendantes. Un tube de carton entoure chaque bouteille pour masquer les décharges lumineuses qui jaillissent sur les bords de leur armature extérieure.

Le circuit à haut potentiel (induit) de la bobine de Ruhmkorff est amené en ii (fig. 16) aux tiges de l'excitateur (*ne pas toucher à ce circuit*).

L'extrémité supérieure du solénoïde O (fig. 16) est libre, elle est fixée à la monture BB' disposée pour recevoir, entre ses boules, divers accessoires d'expériences. Le conducteur Co, qui se rend aux **excitateurs divers** (fig. 18), destinés aux applications médicales de ces courants qu'ils transportent, est maintenu à distance du solénoïde O par la **colonne isolante** S' servant de guide.

Dès que le réglage de la distance explosive des sphères de décharge (*et la posi-*

tion du galet G) est obtenu, les effets indiqués par M. le **Dr Oudin** se produisent au maximum ; **ils sont très brillants**. Le résonateur Oudin crée dans toute la pièce où il est placé un **champ électrostatique alternatif** très puissant. (*C. Rendus de l'Académie des Sciences, du 6 juin 1898*). Des **tubes de Tesla** sans électrodes, des tubes de **Crookes**, de **Geissler**, ceux lumineux de M. **Andréoli** (fig. 15) etc., s'illuminent à distance.— Les longs tubes de Tesla sans électrodes, que nous avons décrits, s'illuminent encore dans l'obscurité lorsqu'ils sont tenus à la main entre deux opérateurs. Ces hautes fréquences permettent de produire **la lumière sans chaleur** que nous avons indiquée aux expériences de **Tesla**. (*Voir le traité de M. P. Janet, 1893, page 263*). A la fin de cette notice nous reviendrons sur ces expériences.

Le long **conducteur souple** Co, métallique (fig. 16), s'illumine très brillamment dans toute sa longueur lorsque le résonateur est bien accordé. Il suffit de fixer son extrémité libre dans le **manche isolant,** droit, de la fig. 18 (N° 2).

Agités dans l'obscurité, les tubes et le conducteur métallique Co, donnent une multiplicité d'images lumineuses d'un très bel effet. Ces expériences **stroboscopiques** *sont des plus intéressantes et elles varient à l'infini au gré de l'opérateur : nous les avons déjà indiquées dans notre notice sur les "* **Rayons de Rœntgen** *" et dans la description que nous venons de faire des belles expériences de* **Tesla**. *Tous ces appareils sont en permanence dans notre laboratoire.*

L'effluve que donne le **résonateur Oudin** a une force de pénétration très grande : il traverse une lame diélectrique quelconque, verre ou ébonite, de 2 à 3 mm. d'épaisseur

J'ai indiqué comment j'utilise le **résonateur Oudin** *pour* **l'émission et la transmission** *des ondes électriques destinée à la* **Télégraphie hertzienne sans fil** *et les bons résultats obtenus ; ma notice spéciale donne tous détails sur cette application de courants de haute fréquence et de haute tension.*

L'action prolongée de l'effluve de haute fréquence sur la peau produit des lésions analogues à celles produites par les **rayons X de Rœntgen** : épaississement, fendillement de l'épiderme, etc., etc. Ces courants produisent une vive révulsion sur la peau

Pour ces raisons, il faut éviter de *faire jaillir ces étincelles directement sur la main, ainsi qu'il a été dit ci-dessus.*

MM. les Docteurs **Oudin** et **Doumer** ont mis pratiquement en évidence les services que ces courants peuvent rendre en **thérapeutique dermatologique.** La fig. 18, en (1), est celle de **l'excitateur** que M. le **Dr. Oudin** emploie **en thérapeutique** (*Bulletin de la société de Dermatologie du 3 août 1894*).— Le pinceau métallique P

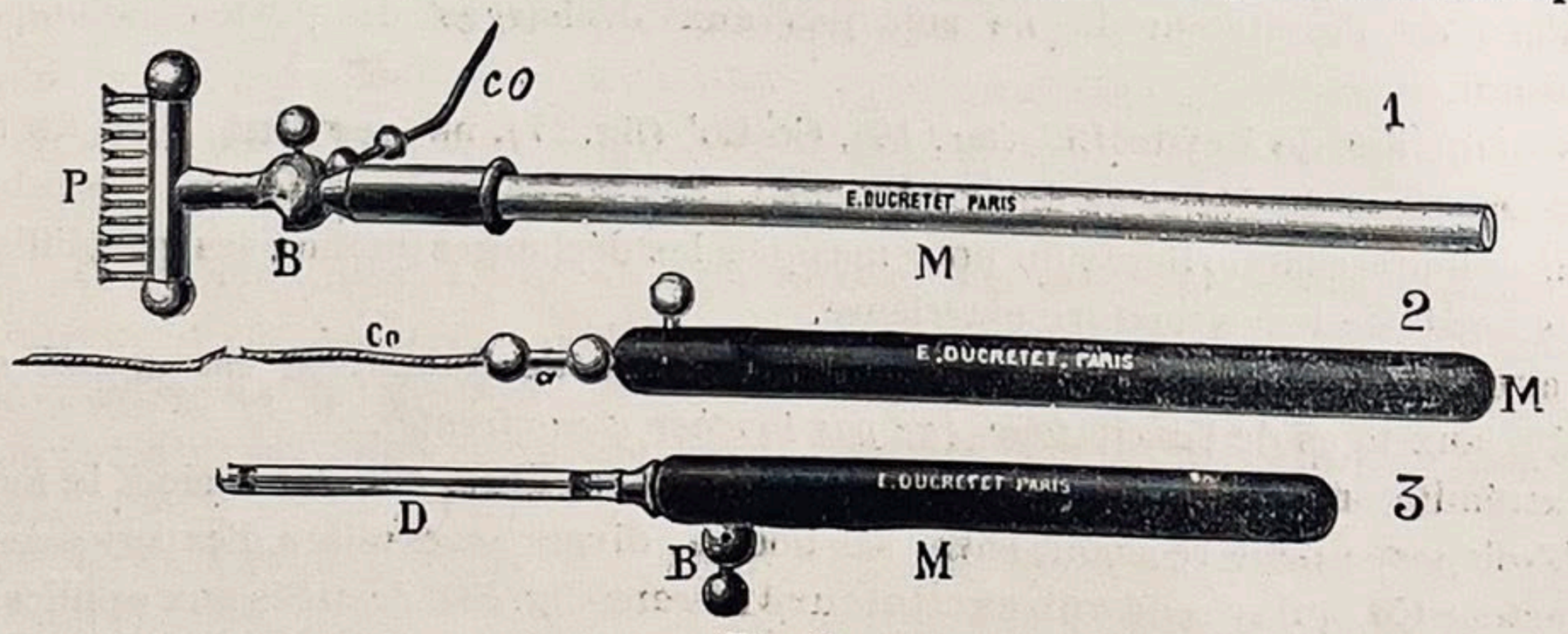


Fig.- 18

est promené en présence de la partie du corps à traiter ; de chaque fil partent des aigrettes ou

des effluves diffusant, pour ainsi dire, l'action électrique sur une plus grande surface. Dans notre modèle le pinceau métallique P s'enlève rapidement de sa monture à boules, où il est fixé par une tige excentrée ; ce pinceau peut être, du reste, remplacé à volonté par des pointes, simples ou multiples, ou par des boules et des disques de divers diamètres ; elles se placent sur la boule B qui termine le manche isolant M.

La fig. 18, en (3), est celle de **l'excitateur** que nous avons construit sur les indications de M. le **Dr Doumer** et qu'il emploie avec succès pour le traitement de la **fissure sphinctéralgique** par les courants de haute fréquence et de haute tension.

L'électrode métallique D, fixée par le bouton de prise B recevant un long conducteur souple Co, isolé (fig. 16), peut être entourée de manchons en verre dont le diamètre varie de 6 à 12 m/m. — M. le **Dr Doumer** a publié les résultats obtenus par lui : ils sont des plus concluants.

OZONE. — Les courants de haute fréquence et de haute tension, nous l'avons vu, conviennent à la formation de **l'ozone** ; mais, pour éviter la production **d'acide azoteux**, les décharges, sous forme d'effluves, doivent être **silencieuses et obscures**, ainsi que l'a démontré M. le **Prof. Berthelot** ; il faut, de plus, éviter l'élévation de température qui détruirait l'ozone au fur et à mesure de sa formation. Un bon appareil à ozone, d'expérience, peut être constitué par un long tube de verre, fermé à chacune de ses extrémités par un bouchon de liège paraffiné ; il reçoit dans sa partie centrale, dans toute sa longueur, **un fil métallique** (*de préférence en aluminium*) traversant un seul des bouchons de liège. Ce fil est fixé à l'autre extrémité, sur le 2e bouchon, par une douille mobile en matière isolante. Les deux bouchons de liège reçoivent les tubes de verre nécessaires pour assurer la circulation de l'air ou de l'oxygène à électriser dans ce tube E. D. Le fil métallique, unique dans cet appareil, se met en communication avec la boule B', fig. 16. **Les tubes lumineux**, à vide, de **M. Andréoli** (fig. 15 et page 12), fonctionnent parfaitement avec les courants de haute tension ; ses petits appareils pour les **inhalations** sont très employés en Angleterre (*notice spéciale*).

En 1894, (*Bulletin de la Société française d'Electrothérapie, février 1894*), M. le Dr **Oudin** a décrit un **générateur d'ozone**, imaginé par lui, fonctionnant parfaitement avec les courants de haute fréquence et de haute tension : il convient à son résonateur fig. 16. Ce générateur d'ozone se compose d'un cylindre extérieur de verre autour duquel est enroulée la spirale de fil secondaire ; à l'intérieur de ce cylindre, et parallèlement à son axe, se trouve un tube de verre dans lequel on a fait le vide et qui sert de seconde armature à l'appareil. *Dans le bulletin de la Société d'Electrothérapie de février 1894*, M. le **Dr Oudin** a publié des chiffres de rendement, en ozone, donnés par ses générateurs.

Cette longue notice démontre que les **courants de haute fréquence et de haute tension**, obtenus avec les appareils décrits, permettent la réalisation de **brillantes expériences** dont les applications nous réservent encore bien des surprises ; ils constituent un **puissant moyen d'action thérapeutique**, qu'il convient de vulgariser.

EMPLOI DES MACHINES STATIQUES

POUR LA PRODUCTION DES

COURANTS DE HAUTE FRÈQUENCE & DE HAUTE TENSION

M. le **Dr A. Weil**, de Paris, a indiqué que l'on pouvait obtenir, avec de **fortes machines statiques**, les effets **dermatologiques** et leurs applications thérapeutiques qu'on obtient avec le **résonateur Oudin** (fig. 16).

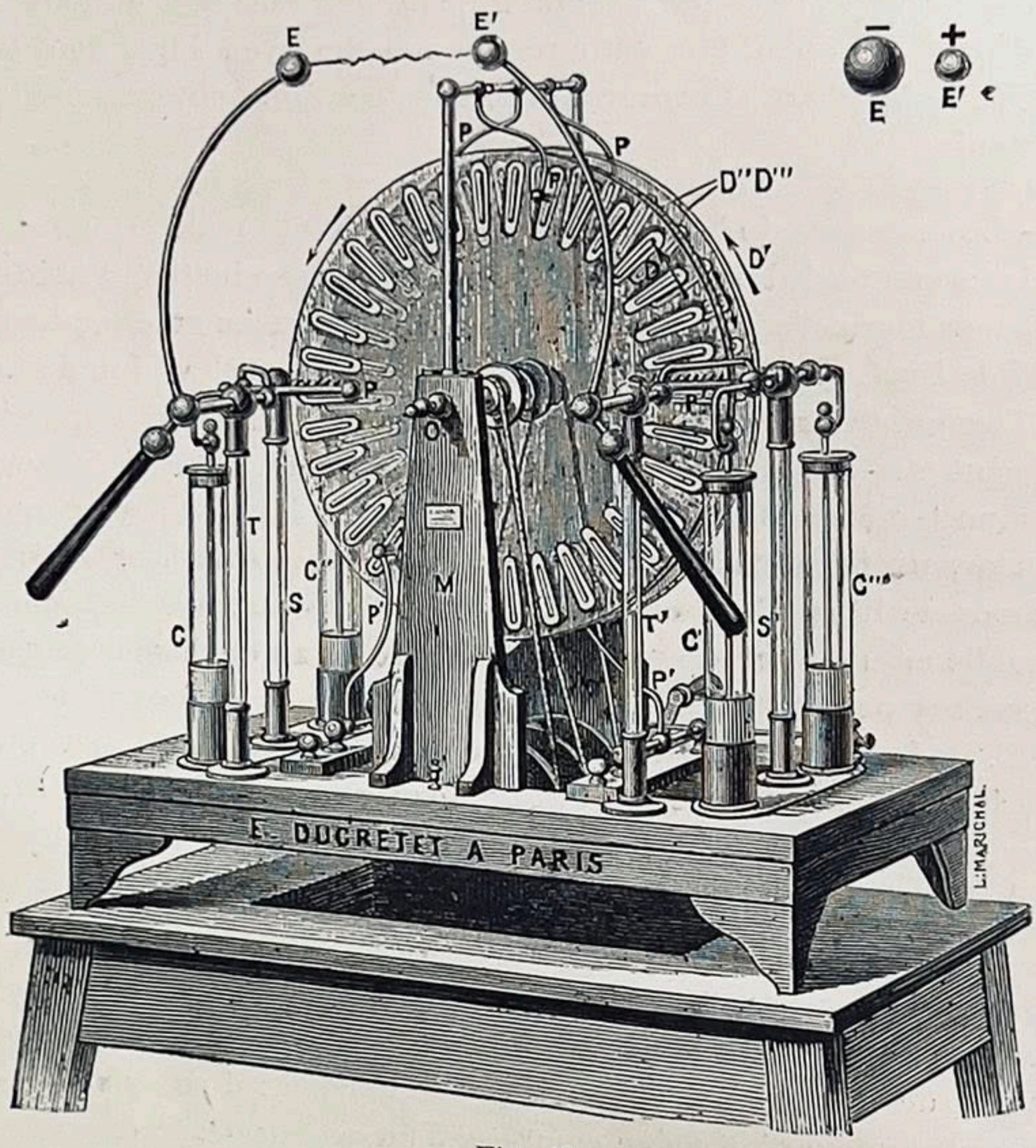


Fig. 19

Pour cela, chacun des pôles de la machine est mis en communication avec **l'armature interne** d'un condensateur ; les **armatures externes** de ces condensateurs sont reliées par un circuit **très résistant**. Ce dernier est parcouru par des **courants alternatifs** dont les effets sont des plus intéressants.

Si l'on met en communication avec la terre **l'une des armatures externes**, et qu'on relie l'autre par un conducteur Co à une tige terminée par un disque à une ou plusieurs pointes, celles-ci laissent échapper, dès qu'on les approche d'une personne **non isolée**, un bouquet d'étincelles, longues et sinueuses. Si la pointe touche la table de la machine, le conducteur prend l'aspect d'un cordon lumineux sur toute la longueur, avec aigrettes très rapprochées. Ces effluves ont permis au **Dr Weil** de guérir plusieurs **dermatites**, notamment un **zona** et un **eczéma**.

Les excitateurs 1, 2 et 3 de la fig. 18, servent à l'application de cette **effluvation** par les **courants statiques induits**, ainsi dénommés par le **Dr Albert Weil**.

Les résultats obtenus avec les machines statiques ne sont **ni aussi brillants, ni aussi puissants** que ceux obtenus avec les appareils de **Tesla** ou de **Oudin** actionnés par une bobine d'induction ; mais il était intéressant de signaler cette **nouvelle** application des machines statiques.

La fig. 19 représente un des modèles de **machines statiques de Wimshurst** à 4 plateaux que nous construisons couramment et qui est très répandu dans les cabinets médicaux et dans l'Enseignement pour les expériences du **cours de physique.**

(*N. B.- Consulter* **notre tarif-notice** *des machines d'électricité statique et accessoires, ainsi que celui qui complète la présente notice*).

APPAREIL POUR RÉALISER LES EXPÉRIENCES

SUR LA

LUMIÈRE FROIDE DE MOORE

(*Voir le tarif qui termine cette Notice*).

Les belles expériences de **Tesla** ont montré la possibilité de rendre les gaz raréfiés assez lumineux, sous l'influence des courants de très haute fréquence, pour permettre de prévoir un éclairage nouveau appelé « **lumière sans chaleur**, » *(pages 9-16)*, dont la production économique serait une question de l'avenir.

Récemment, aux Etats-Unis, **M. M. F. Moore** a repris ces expériences intéressantes que l'appareil de la fig. 20 permet de reproduire ; il comprend dans son ensemble :

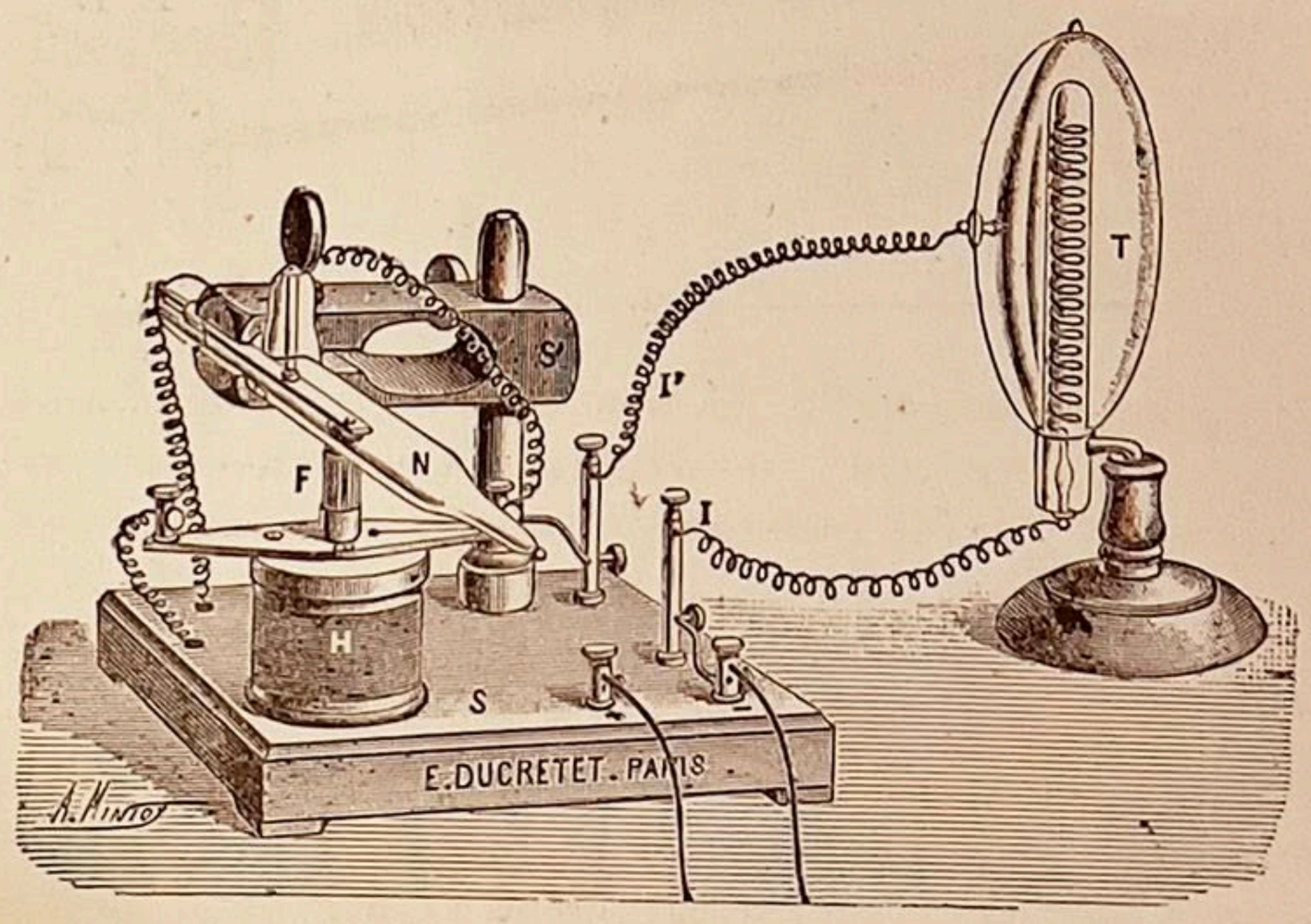


Fig. 20

T. — Lampe à **lumière froide** : c'est un simple **tube de Geissler**, avec le vide des **tubes de Tesla.**

Il est le **transformateur de l'énergie** ; il est à un seul circuit et il fonctionne par **extra-courant**, semblable ainsi à celui imaginé, vers 1853, par le **Prof. A. de la Rive, sous le nom de condensateur électrique**. Le trembleur-interrupteur périodique employé par M. Moore est en N : c'est un trembleur ordinaire de Neef, mais il est entièrement renfermé dans un tube en verre, **vide d'air** ; il supprime ainsi, en grande partie, l'étincelle de rupture des interrupteurs ordinaires, périodiques, employés avec les **bobines d'induction** de Ruhmkorff.

En 1884, (*Lumière électrique, Tome XIII, page 27*), **M. C. Kirn**, pour exciter une **bobine d'induction**, a décrit un interrupteur à mercure, **dans le vide**, qui lui aurait donné les résultats les plus satisfaisants, même après un temps de service assez considérable.

L'appareil de la fig. 20 fonctionne avec un courant de faible débit.

E. DUCRETET.

P.S.-Consulter notre notice illustrée sur les appareils de M. le **Professeur Elihu Thomson**, des Etats-Unis, pour répéter ses belles expériences: **Répulsions et rotations électrodynamiques** par les courants alternatifs produits, soit avec l'alternateur Al (ci-dessus fig. 13), soit avec les courants alternatifs distribués à domicile, ainsi qu'il a été dit ci-dessus.

Consulter aussi les Notices de E. DUCRETET sur les **Rayons X du Prof. Dr Rœntgen** et sur la **Télégraphie hertzienne sans fil** ; éditions de 1898.

E. D.

ED. BARÉ, IMP.-ÉDITEUR A GUISE (Aisne).